



# **ACADEMIA MILITAR**

## **C-RAM (Counter Rocket, Artillery and Mortar)**

**Autor: Aspirante de Artilharia Rodrigo Emanuel dos Santos Couceiro**

**Orientador: Major de Artilharia João Miguel Louro Dias Ferreira Belo**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, junho de 2016**



# **ACADEMIA MILITAR**

## **C-RAM (Counter Rocket, Artillery and Mortar)**

**Autor: Aspirante de Artilharia Rodrigo Emanuel dos Santos Couceiro**

**Orientador: Major de Artilharia João Miguel Louro Dias Ferreira Belo**

**Relatório Científico Final do Trabalho de Investigação Aplicada**

**Lisboa, junho de 2016**

## **EPÍGRAFE**

"We're proud to be continuing our work on C-RAM that helps to protect our troops  
against mortar and rocket attacks."

Mike Twyman (2009)

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais e irmão,  
pelo exemplo de sacrifício, amor e dedicação.

## **AGRADECIMENTOS**

Quero deixar aqui o meu mais sincero agradecimento a todos aqueles que, de alguma forma, me ajudaram para a consecução deste Trabalho de Investigação Aplicada (TIA), nomeadamente:

- Ao Orientador, Major de Artilharia João Belo, pela compreensão, tempo, disponibilidade e orientação que em muito contribuíram para o produto final.
- Ao Tenente-Coronel de Artilharia Élio Santos, Diretor de Curso de Artilharia pela disponibilidade diária ao longo dos últimos dois anos.
- Ao Tenente-Coronel de Artilharia Hélder Barreira, pela simpatia, disponibilidade e preciosos conhecimentos transmitidos na entrevista.
- Ao Tenente-Coronel de Artilharia Gilberto Garcia, pela disponibilidade e preocupação.
- Ao Tenente-Coronel de Artilharia Carlos Patronilho, pela transmissão de conhecimentos, disponibilidade e conselhos.
- Ao Major Matt Cavanaugh, US Army Strategist, pela enorme disponibilidade.
- Ao Capitão de Artilharia Ricardo Almeida, pela disponibilidade e informações facultadas.
- Aos meus camaradas do curso de Artilharia, por todas as vivências partilhadas nesta caminhada.
- À minha família e amigos, pela compreensão e apoio prestado ao longo de todo este ciclo de estudos.

## **RESUMO**

Este trabalho de investigação aplicada visa estudar as principais capacidades do sistema C-RAM e a sua aplicabilidade no Exército Português, tendo por objetivo a caracterização e avaliação da possível constituição e modo de emprego de uma unidade C-RAM no Exército Português, de acordo com o poder de fogo, a capacidade radar e a mobilidade.

A metodologia de investigação adotada consiste no método analítico e inquisitivo, concretizado pela realização de entrevistas a Oficiais de Artilharia. Como principais conclusões, constatamos que os sistemas Phalanx e Oerlikon se evidenciam como os sistemas C-RAM de eleição, por disporem de alcances e cadências de tiro mais adequadas às necessidades da Artilharia Antiaérea Portuguesa no âmbito da proteção da força, ou de pontos e áreas críticas, contra este tipo de ameaças.

**Palavras-chave: C-RAM; Artilharia; Antiaérea; capacidades.**

## **ABSTRACT**

This applied research work aims to study the main capabilities of the C-RAM system and its applicability in the Portuguese Army. With the objective to characterize and evaluate the possible generation and employment of a C-RAM unit in the Portuguese Army, according to the firepower, radar capability and mobility. The research methodology adopted consists of analytical and inquisitive method, implemented by interviewing Artillery Officers. As main conclusions, we found that Phalanx and Oerlikon systems are the C-RAM election systems, due to its range and rate of fire, more suited to the needs of Portuguese Air Defense Artillery regarding force protection, against this type of threats.

**Key words: C-RAM; Artillery; Air Defense; Capabilities.**

## ÍNDICE GERAL

<b>EPIÍGRAFE.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICATÓRIA.....</b>	<b>II</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>III</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE GERAL.....</b>	<b>VI</b>
<b>ÍNDICE DE TABELAS .....</b>	<b>VIII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE APÊNDICES.....</b>	<b>X</b>
<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1 – REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
1.1. ENQUADRAMENTO GERAL.....	3
1.2. AMEAÇA .....	4
1.2.1. <i>Sistemas Aéreos Não Tripulados.....</i>	<i>5</i>
1.2.2. <i>Foguetes, Munições de Artilharia e Morteiros (Rocket, Artillery and Mortar - RAM).....</i>	<i>6</i>
1.3. ARTILHARIA ANTIAÉREA .....	6
1.4. <i>COUNTER ROCKET, ARTILLERY AND MORTAR.....</i>	<i>7</i>
1.4.1. <i>Fases de C-RAM.....</i>	<i>8</i>
1.5. SISTEMAS C-RAM .....	10
1.5.1. <i>Sistemas de Armas SHORAD/VSHORAD.....</i>	<i>10</i>
1.5.2. <i>Sistemas de Armas HIMAD.....</i>	<i>11</i>
1.6. MEIOS C-RAM .....	11
1.6.1. <i>Oto Melara.....</i>	<i>12</i>



1.6.2. Iron Dome .....	14
1.6.3. Sistema Centurion.....	15
1.6.4. Sistema Rheinmetall's Skyshield/Mantis.....	16
1.6.5. Oerlikon Skyguard III .....	17
1.6.6. Radar Oerlikon X-TAR3D.....	18
1.6.7. Sistema David's Sling .....	19
1.6.8. Sistema HISAR .....	20
1.6.10. Sistema CROTALE NG .....	22
1.6.11. Sistema IRIS-T SLM.....	23
1.6.12. Radar Giraffe .....	24
1.6.13. Radar AN/TPQ-49.....	26
1.6.14. Radar AN/TPQ-50 .....	27
1.7. O SISTEMA C-RAM NA AAA PORTUGUESA .....	28
<b>CAPÍTULO 2- METODOLOGIA.....</b>	<b>31</b>
<b>CAPÍTULO 3 – MÉTODOS E MATERIAIS .....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 4 - RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO 5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS .....</b>	<b>39</b>
<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>43</b>
DIFICULDADES E LIMITAÇÕES .....	46
<b>RECOMENDAÇÕES .....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>48</b>
<b>APÊNDICES .....</b>	<b>I</b>

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Variáveis analisadas na questão 1 .....	36
Tabela 2: Variáveis analisadas para comparação dos sistemas .....	40

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sistema <i>Oto Melara Draco</i> .....	13
Figura 2: Sistema <i>Oto Melara Porcupine</i> .....	12
Figura 3: Sistema <i>Iron Dome</i> .....	14
Figura 4: Sistema <i>Centurion</i> .....	16
Figura 5: Sistema <i>Rheinmetall's Skyshield/Mantis</i> .....	17
Figura 6: Sistema <i>Oerlikon Skyguard III</i> .....	18
Figura 7: Radar <i>Oerlikon X-TAR3D</i> .....	19
Figura 8: <i>David's Sling</i> (Stunner).....	20
Figura 9: Sistema <i>HISAR-O</i> .....	21
Figura 10: Sistema <i>HISAR-A</i> .....	21
Figura 11: Sistema <i>Crotale NG</i> .....	22
Figura 12: Sistema <i>Iris-T SLM</i> .....	23
Figura 13: Radar <i>Giraffe 8A</i> .....	24
Figura 14: Radar <i>Giraffe 4A</i> .....	25
Figura 15: Radar <i>Giraffe IX</i> .....	26
Figura 16: Radar AN/TPQ-49 .....	27
Figura 17: Radar AN/TPQ-50 .....	28

## ÍNDICE DE APÊNDICES

APÊNDICE 1 – GUIÃO DA ENTREVISTA .....	II
APÊNDICE 2 – ENTREVISTA N.º1 .....	IV
APÊNDICE 3 – ENTREVISTA N.º 2.....	VII
APÊNDICE 4 – ENTREVISTA N.º 3.....	X

## **LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E ACRÓNIMOS**

### **A**

AAA – Artilharia Antiaérea

AC – Artilharia de Campanha

ADM – Armas de Destruição Massiva

AHEAD – Advanced Hit Efficiency and Destruction

AWACS – Airborne Warning and Control System

### **B**

BMC – Battle Management and Control

BtrAAA – Bateria de Artilharia Antiaérea

### **C**

COP – Common Operation Picture

C-RAM – Counter Rocket, Artillery and Mortar

CRC – Centro de Relato e Controlo

CTAP – Common Tactical Air Picture

C2 – Comando e Controlo

C4I – Comando, Controlo, Computadores e Informação

### **D**

DAMA – Defense Against Mortar Attacks

DPF – Divisão de Planeamento de Forças

### **E**

ECCM – Electronic Counter Counter Measures

ECM – Electronic Counter Measures

EME – Estado-Maior do Exército

EMGFA – Estado-Maior General das Forças Armadas

EOS – *Engagement Operation Section*

## **F**

FCU – *Fire Control Unit*

FCS – *Fire Control System*

FLIR – *Forward-Looking InfraRed*

FM – *Field Manual*

## **G**

GAAA – Grupo de Artilharia Antiaérea

## **H**

HIMAD – *High to Medium Altitude Air Defense*

HVE – *High Visibility Events*

## **I**

IPB – *Intelligence Preparation of the Battlefield*

ISAF – *International Security Assistance Force*

IUM – Instituto Universitário Militar

## **L**

LAP – *Local Air Picture*

LCMR – *Lightweight Counter Mortar Radar*

LPM – Lei de Programação Militar

LPWS – *Land-Based Phalanx Weapon System*

## **M**

MMR – *Multi-Mission Radar*

## **N**

NATO – *North Atlantic Treaty Organization*

NBQ – Nuclear, Químico e Biológico

NBS – *NachstBereichs-Schutzsystem*

NEP – Nomas de Execução Permanentes

NG – *New Generation*

## **O**

OE – Objetivo específico

OG – Objetivo geral

## **P**

PelSistC-RAM – Pelotão de Sistema C-RAM

## **Q**

QP – Questão de Partida

QD – Questão Derivada

## **R**

RAM – *Rocket, Artillery and Mortar*

RCCM – *Radar Counter CounterMeasures*

ROE – *Rules Of Engagement*

RS – *Resolution Support*

## **S**

SDAN – Sistema de Defesa Aérea Nacional

SHORAD – *Short Range Air Defense*

SICCA3 – Sistema Integrado de Comando e Controlo da Artilharia Antiaérea

## **T**

TADIL – *Tactical Digital Information Link*

TIA – Trabalho de Investigação Aplicada

TO – Teatro de Operações

TOC – *Tactical Operations Center*

tpm – tiros por minuto

## **U**

UAS – *Unmanned Aircraft System*

UT – Unidade de Tiro

## **V**

VSHORAD – *Very Short Range Air Defense*



## INTRODUÇÃO

Segundo Eco (2007), uma boa introdução é aquela que permite ao leitor ter uma visão abrangente de todo o trabalho, ficando esclarecido sobre a temática e não tendo a necessidade de leituras secundárias.

A defesa contra ataques de morteiros constitui um dos dez grupos de trabalho da *North Atlantic Treaty Organization* (NATO), no âmbito do programa de Defesa Contra o Terrorismo e surgiu devido ao crescente número de ataques terroristas com morteiros no Iraque e no Afeganistão. O trabalho no âmbito da defesa contra ataques de morteiro está focado na metodologia de aplicação de novas tecnologias a desenvolver no futuro, para localizar o ponto de origem e o ponto de impacto do fogo indireto, reagir contra o agressor e contra o projétil, e proteger o próprio pessoal. Neste último fator, a diminuição do número de baixas de pessoal, e consequente redução do impacto noticioso dos meios de comunicação social, permitem um maior suporte social ao empenhamento de uma força militar.

O desenvolvimento de estudos no âmbito da capacidade *Counter-Rocket, Artillery and Mortar* (C-RAM) da Artilharia Antiaérea Portuguesa é fundamental, podendo contribuir para que o Exército Português se afirme, em igualdade com os seus pares da NATO, apresentando-se como um Exército capacitado tática e tecnicamente e capaz de responder eficientemente a este tipo de ameaças em futuras missões.

Pretende-se com este Trabalho de Investigação Aplicada (TIA) investigar as principais características dos sistemas C-RAM, tendo em conta as atuais ameaças, designadamente as suas principais potencialidades, vulnerabilidades e custos associados à sua aquisição, visando identificar pressupostas vantagens, formas de emprego e relevância operacional da inclusão de sistemas C-RAM na Artilharia Antiaérea (AAA) do Exército Português. Deste modo a Questão de Partida é “Quais as principais características do sistema C-RAM e qual a sua aplicabilidade no Exército Português?”

A investigação tem como Objetivo Geral (OG) caracterizar e estudar a possível constituição e modo de emprego de uma unidade C-RAM no Exército Português, de acordo com critérios selecionados como o poder de fogo, a capacidade radar, a mobilidade, o alcance e os sistemas de armas.

Como meio para complementar a resposta ao OG desta investigação, foram enunciados os seguintes objetivos específicos:

Objetivo específico (OE) nº1: Analisar e descrever as potencialidades do sistema C-RAM.

OE nº2: Analisar e descrever as vulnerabilidades do sistema C-RAM.

OE nº3: Analisar e avaliar os custos associados à aquisição de equipamento C-RAM.

OE nº4: Desenvolver um modelo e métodos de formação teórico-prática no âmbito da aplicação do equipamento C-RAM.

O presente TIA foi redigido de acordo com a NEP 522/1.<sup>a1</sup> de 20 janeiro 2016 e a sua parte textual<sup>2</sup> é constituída por 5 capítulos.

No Capítulo 1 está explanada a revisão bibliográfica, que apresenta o Estado da Arte da temática abordada, apresentando os principais conceitos relativos ao sistema C-RAM.

O Capítulo 2 apresenta a metodologia de abordagem utilizada nesta investigação, de modo a justificar as linhas de orientação seguidas, bem como a formulação da questão de partida e das questões derivadas.

A caracterização no tempo e espaço da observação é feita no Capítulo 3. Ainda neste capítulo são descritas as técnicas de recolha de dados, assim como as técnicas de tratamento e análise dos mesmos. São definidas também as componentes de amostragem.

No Capítulo 4 são apresentados os dados das entrevistas, a sua análise e correlação com outros dados obtidos na revisão bibliográfica.

A discussão da análise realizada no capítulo anterior é consumada no Capítulo 5. São fundamentados os resultados, e relacionam-se variáveis de análise. Procedem-se ainda à resposta às questões derivadas que confluem para a fundamentação da questão central.

Por último, na Conclusão, retoma-se a temática em estudo, enfatizam-se os principais aspetos abordados e reflete-se sobre os resultados. Responde-se, por fim, à questão de partida desta investigação e referem-se as limitações à investigação.

---

<sup>1</sup> Norma para a redação de trabalhos de investigação realizados na Academia Militar.

<sup>2</sup> Os trabalhos de investigação aplicada apresentam uma estrutura com uma parte pré-textual, uma parte textual e uma parte pós-textual.

# **CAPÍTULO 1**

## **REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1. Enquadramento geral**

A tecnologia C-RAM, concetualmente concebida para garantir a capacidade de defesa contra projéteis de morteiros, de artilharia e foguetes, constitui um tema dos sistemas de combate às ameaças RAM em constante progresso e desenvolvimento.

“As únicas nações que podem ter um futuro, as únicas nações que merecem ser consideradas como históricas, são aquelas que sentem a importância e o valor de suas instituições e lhes dão apreço” (Tolstoi, s.d.). De facto, é necessário recuar um pouco ao passado para fazer a ponte com o presente e o futuro. Neste contexto, e para compreender como a capacidade C-RAM da Artilharia Antiaérea se tornou uma temática em voga na atualidade, há que retroceder ao fim da Guerra Fria, onde a ameaça de uma guerra nuclear global foi reduzida, mas as armas nucleares, biológicas e químicas continuavam em mote. Associado a estas armas, surgiu o desenvolvimento tecnológico de aproveitamento dos vetores aéreos de ataque, através de sistemas de lançamento de mísseis balísticos e mísseis cruzado, sendo a capacidade bélica encarada, por algumas nações, como o reflexo do poder. Este pensamento tem sido transportado até aos dias de hoje. As ameaças entre as Coreias têm aumentado de escala e o desenvolvimento de programas de mísseis também. A cerca de 9000 km destes países, no Norte de África e no Médio Oriente, em países como a Líbia, o Irão e o Iraque, a procura e utilização de sistemas de lançamento de foguetes, munições de artilharia e morteiros é uma realidade constante. De igual forma, os programas nucleares e de desenvolvimento de mísseis na Índia e Paquistão tornam a região numa zona volátil. Também os ataques a Israel a partir da Faixa de Gaza, a Guerra do Afeganistão e do Iraque, onde os insurgentes, por não possuírem capacidade tecnológica tão avançada, começaram a recorrer a outros meios para combater, contribuíram para o aparecimento de uma nova tipologia de ameaça.

Segundo Nativi (2011), é para evitar a morte de tropas e civis, assim como para evitar que o seu moral seja afetado através de ataques realizados às bases e instalações críticas nos teatros de operações, que muitos especialistas acreditam que os sistemas C-RAM são os mais eficazes na proteção e defesa. Sendo a melhor estratégia a prevenção do ataque, assume que a vigilância 24 h por dia restringe o bom posicionamento de possíveis atacantes, reduzindo a sua capacidade operacional.

Rand Corporation (2013) define guerra assimétrica como o conflito entre nações ou grupos que têm capacidades bélicas e estratégias díspares, sendo o ataque terrorista às torres gémeas e a guerra no Afeganistão, os exemplos mais recentes e melhor conhecidos desta guerra.

## 1.2. Ameaça

"Os conflitos persistentes no Iraque e Afeganistão demonstraram a destreza com que os terroristas, insurgentes e outras fações armadas para a utilização de estratégias não convencionais para afetar a segurança dos países desenvolvidos. As armas, táticas e motivações do adversário variam intensamente. Assim sendo, as ameaças às forças projetadas estão em constante mudança no que diz respeito ao propósito, carácter e intensidade. A guerra irregular não é só complexa e imprevisível, apresenta também perigos e assimetrias que requerem medidas inovadoras de proteção da força."<sup>3</sup> (Spoehr, 2010, p. 2).

Os ataques a Israel a partir da Faixa de Gaza, a Guerra do Afeganistão e do Iraque, constituem exemplos de como os insurgentes, por não possuírem capacidade tecnológica tão avançada, recorrerem a outros meios de combate e outras estratégias não convencionais de apoio à guerra assimétrica, contribuindo desta forma, para uma nova ameaça. Agir de forma rápida é o seu mote, através do recurso a ataques com foguetes, morteiros e

---

<sup>3</sup> Tradução de: *"The persistent conflicts in Iraq and Afghanistan demonstrate the ability of terrorists, insurgents, and other armed factions to use unconventional strategies to inflict casualties and undermine the security of developing nations. The weapons, tactics, and motivation of today's adversaries vary widely. Therefore, the threats to the deployed force are constantly changing in scope, character, and intensity. Irregular warfare is not only complex and unpredictable; it presents dangers and asymmetric challenges that call for timely and innovative force protection measures."*<sup>3</sup>(MAJOR GENERAL Thomas W. Spoehr)

munições de artilharia a bases militares, e através da utilização de artefactos explosivos improvisados, desaparecendo, à posteriori, no meio da população. Como resultado deste tipo de ataques e outros semelhantes, centenas de militares já faleceram desde 2011 (Axe, 2012). Face a isto, o General Peter J. Schoomaker, Chefe de Estado Maior do Exército Americano, aquando da Guerra do Iraque, inquiriu acerca da capacidade de fogos indirectos durante a Operação *Iraq Freedom*, conduzindo, uma vez mais, a questão para a importância, poder e consequência destas ameaças. Assim, torna-se importante definir o conceito de ameaça. A ameaça, que tem vindo a ser referida, “caracteriza-se pela surpresa, elevadas velocidades (munições de artilharia), reduzida assinatura radar (munições de morteiro) e pela multiplicidade de trajetórias, alcances e cadências de tiro (foguetes), mas por uma fraca precisão. A ameaça no sentido lato não é nem estática nem singular” (Ladeiro, 2015, p.20). Ainda segundo o autor, é na disputa de interesses comuns ou na discordância destes por parte de Estados, organizações ou grupos, num determinado ambiente operacional, que surgem as ameaças. No contexto operacional, as ameaças mais prováveis são as que resultam da combinação de forças regulares e irregulares, terroristas e outros elementos de associação criminosa, quer quando atuam isoladamente, quer quando atuam em conjunto, para determinado objetivo. Com o intuito de tirar vantagem das vulnerabilidades da outra facção, a probabilidade de emprego de sistemas de armas é acrescida, tornando-se preocupante quando ocorre o recurso a Amas de Destruição Massiva (ADM), à forma como são lançadas e ainda ao emprego de sistemas aéreos não tripulados (*Unmanned Aerial Systems* - UAS). Verifica-se portanto o desprendimento da tradicional ameaça aérea, que compreendia apenas aeronaves de asa fixa (aviões) e as aeronaves de rotor basculante (helicópteros), para uma realidade atual, onde existe um leque extenso de outros meios capazes de atacar uma força usando o espaço aéreo, sendo elas os UAS, os foguetes, os mísseis balísticos, os mísseis cruzeiro, as munições de artilharia e os morteiros (Paradelo, 2009).

### **1.2.1. Sistemas Aéreos Não Tripulados**

Esta transição de aeronaves para meios UAS deve-se, segundo Ladeiro (2015), aos baixos custos associados, quer na aquisição de materiais, quer em treino e operação destes sistemas. Economicamente, pelo preço de uma aeronave de asa fixa moderna, é possível

adquirir um número considerável de UAS. Pelo facto de serem remotamente pilotados e executarem missões de voo pré-programadas, estes sistemas podem ser usados para reconhecimento, vigilância e ataque no ambiente operacional em que estiverem a atuar. As suas reduzidas dimensões, assim como a sua moderada velocidade e uma assinatura térmica e radar baixas, fazem destes um sistema de difícil deteção e empenho. A somar a estas características, aos UAS podem ainda ter acopladas armas (incluindo ogivas nucleares), radares, sistemas de comunicação e câmaras, sendo um elemento eficaz na atuação no campo de batalha em várias tarefas.

### **1.2.2. Foguetes, Munições de Artilharia e Morteiros (*Rocket, Artillery and Mortar* - RAM)**

Segundo Paradelo (2009), a probabilidade de emprego por parte de forças hostis, de aviões e helicópteros, independentemente do território considerado, é manifestamente baixa. Por outro lado, a probabilidade é elevada quando se considera o emprego de foguetes, morteiros e munições de artilharia, principalmente em teatros de operações onde Portugal atua ou já atuou, como é o caso do Afeganistão e do Iraque, onde esta ameaça é diária e inevitável.

Esta ameaça, para além de irregular e poder constituir um ato terrorista, caracteriza-se pelo recurso a foguetes, munições de artilharia e morteiros lançados com recurso a meios relativamente rudimentares, construídos de forma artesanal, que estes nichos adquirem no mercado negro e dos despojos de conflitos anteriores. O objetivo do recurso a esta ameaça é dificultar a atuação dos militares e afetar o seu moral, instalando o medo e a descrença da população nas ações destes (Ladeiro, 2015).

### **1.3. Artilharia Antiaérea**

Segundo a doutrina americana, que muitas vezes serve de base ao nosso Exército, a missão genérica da Artilharia Antiaérea Americana consiste em “proteger a Força e as vulnerabilidades geopolíticas selecionadas de ataques aéreos, de ataques de mísseis e de vigilância” (FM 3-01.11). Esta definição, de carácter abrangente, permite englobar

qualquer alteração do contexto da operação. Em comparação, a forma doutrinária como está definida a missão da Artilharia Antiaérea (AAA) é mais restritiva quanto ao *modus operandi*. A sua missão é, de acordo com o RC 18-100 (1997), “garantir a liberdade de ação ao Exército, para conduzir e manter operações militares necessárias ao cumprimento da sua missão, através de uma proteção antiaérea adequada das suas forças, instalações e equipamentos”, e o seu potencial de atuação estende-se a cinco capacidades: a capacidade de comando e controlo, a capacidade C-RAM, a capacidade de proteção, a capacidade a média altitude e a capacidade de proteção em movimento. Embora se faça a divisão das capacidades em cinco grupos, na realidade elas confluem, interligando-se, e permitindo que a AAA atue de modo mais preciso e eficaz.

Atualmente, a Artilharia Antiaérea Portuguesa está equipada com sistemas de armas (Sistema Míssil Portátil Stinger) e equipamentos (Radar de Aviso Local P-STAR e rádio PRC-525) que lhe conferem a capacidade de proteger áreas sensíveis e pontos importantes, bem como unidades de manobra da ameaça tradicional, isto é, ataques aéreos a baixas e muitas baixas altitudes de aviões e helicópteros. No entanto, estes meios tornam-se insuficientes para garantir proteção em caso de uma ameaça com recurso, por exemplo, a um UAS (Ladeiro, 2015).

“Quem será o nosso próximo inimigo? Contra quem vamos lutar nos próximos 20 a 30 anos? Como vamos estar preparados? Mais importante, como vamos preparar a força para fazer face ao combate?” (Benitez, 2015, p.85), é precisamente esta incerteza que contribui para a necessidade de equipar/reequipar as Forças Armadas, o Exército e a Artilharia (Antiaérea).

#### **1.4. Counter Rocket, Artillery and Mortar**

Os ataques RAM, levados a cabo pelos insurgentes, fazem parte da sua estratégia de guerra assimétrica e, principalmente, da sua tática de terrorismo. A desatualização e imprecisão decorrentes da produção caseira destas armas, tem resultado num número relativamente baixo de mortos e feridos. Contudo, o seu objetivo principal de aterrorizar a população e causar sensação de insegurança nos militares tem sido bem conseguido. A título de exemplo, nos últimos anos, Israel foi alvo de mais de dez mil ataques de foguetes e morteiros. As suas respostas a estes ataques, através do recurso a aeronaves e tropas no

terreno, têm sido eficientes, mas o custo de cada contra-ataque é bastante elevado (Nativi, 2011).

Face às já referidas ameaças, ao crescimento destas e às implicações das mesmas nos diversos teatros, no final de 2004 a NATO criou o DAMA (*Defense Against Mortar Attacks*), um grupo de trabalho constituído por representantes dos respetivos Estados membros, cujo objetivo visava desenvolver e operacionalizar sistemas eficazes e económicos que garantissem a proteção, e a consequente sensação de segurança, dos militares e civis contra a ameaça RAM, através do desenvolvimento de um sistema C-RAM.

Apesar do seu estudo ter sido iniciado há 12 anos, a capacidade C-RAM continua a ser a mais recente área de emprego da AAA, carecendo, no entanto, de continuados estudos, projetos e desenvolvimentos tecnológicos, no âmbito dos equipamentos e dos sistemas de armas. Apresenta-se no entanto como uma mais valia quanto ao emprego da AAA na atualidade, quer na proteção de infraestruturas críticas e eventos de alta visibilidade (*High Visibility Events* - HVE) em Território Nacional, quer na proteção de forças, bases e pontos importantes nos vários teatros de operações.

#### **1.4.1. Fases de C-RAM**

De acordo com o FM 3-01.60 – *Counter Rocket, Artillery and Mortar Intercept Operations*, a única doutrina de referência na atualidade, as unidades C-RAM resultam do conjunto e esforço de armas combinadas, e visam a deteção da aproximação de foguetes e morteiros, fornecendo com antecedência, um alerta dirigido, permitindo a destruição destes, quando direcionados a alvos prioritários. Deste modo, permite a prevenção contra fogos indiretos, a negação e resposta com vista à proteção de forças amigas e ativos de alto valor, contribuindo para assegurar a continuidade da missão. Para tal, e segundo o mesmo *Field Manual*, existem seis fases de atuação, são elas:

Fase I – Prevenção: Esta fase visa evitar a ocorrência de ataques inimigos. A materialização de uma área funcional de prevenção nega e minimiza a capacidade do inimigo efetuar, com sucesso, ataques RAM. Ainda nesta fase é realizado um esforço de sinergias com as demais forças no TO, com o intuito de controlar terreno que possa ser vantajoso ao inimigo, para o lançamento de ataques RAM contra bases, aquartelamentos e



outras instalações. Torna-se fundamental a preparação do Campo de Batalha pelas Informações (*Intelligence Preparation of the Battlefield* - IPB), que se traduz na análise e conhecimento de padrões de atuação, permitindo uma resposta mais adequada. Esta atuação baseia-se em operações de informação, operações psicológicas e guerra eletrônica, que, associadas a operações de combate, limitam a liberdade de ação do inimigo e, conseqüentemente, ganham o apoio da população, tornando-a menos propensa a apoiar o inimigo.

Fase II – Detecção: É nesta fase que os sistemas radar e os sensores justificam a sua importância, atuando de forma integrada, para garantir a vigilância e detecção de um ataque em curso, em tempo útil. Paralelamente à detecção, os radares devem ter a capacidade de analisar a trajetória, de modo a permitir identificar de que tipo de ameaça se trata, bem como o ponto de impacto e a origem da mesma. Esta informação obtida atempadamente, permite ajustar a resposta dada pelos sistemas de armas, selecionando o uso de fogos letais ou não-letais.

Fase III – Aviso: Após estimar, com precisão, a localização de impacto do ataque RAM, a função aviso fornece um alerta geral (áudio ou visual), em tempo real, à força instalada nessa área. O rápido aviso de uma área prevista de impacto, permite que as forças procurem cobertura e se abriguem de forma adequada, salvaguardando a sua integridade de eventuais conseqüências do ataque. A janela de tempo que decorre entre o aviso gerado e o impacto está diretamente relacionada com a distância a que o ataque for lançado e com as capacidades dos sistemas C-RAM.

Fase IV – Interceção: Após a detecção, análise da trajetória e aviso, são enviados, de forma automática, para os radares de conduta e direção de tiro e para os sistemas de armas, os elementos relativos ao tipo de ameaça, para que estes possam calcular a predição. A capacidade de interceção dos sistemas C-RAM permitem a destruição e/ou desvio, em voo, de ameaças RAM, para longe das áreas alvo e pontos de interesse, salvando vidas, prevenindo e minimizando os efeitos dos estilhaços. Uma interceção bem sucedida eleva a moral das tropas, nega vítimas ou danos ao inimigo e às operações de informação que estes procuram através destes ataques.

Fase V – Proteção: Esta fase reflete o resultado do sucesso das etapas anteriores, e está dividida em três tipos de proteção: a que resulta da destruição ou desvio, por parte dos sistemas C-RAM, dos ataques detetados; aquela que é conferida pelas infraestruturas, edifícios, barreiras, sacos de areias e outros materiais que conferem efeito de escudo, e

ainda, aquela que resulta da formação ministrada aos militares, que tornam todo o processo mais ágil e eficiente.

Fase VI – Ataque: As operações de resposta visam, direta ou indiretamente, contra-atacar forças hostis com fogos letais ou não letais, tendo apenas como fator limitador as regras de empenhamento (*Rules Of Engagement* - ROE) e a probabilidade de causar danos colaterais. Após identificado o tipo de ataque, bem como o seu ponto de impacto e de origem, o sistema tem a capacidade de enviar esta informação a qualquer sistema de armas, com o qual possua ligação, possibilitando a escolha do meio mais eficaz para atacar a origem da ameaça. As regras de empenhamento são bastante importantes para uma resposta C-RAM efetiva, sendo um elemento de identificação rápido da intenção do Comandante, tendo por base os critérios definidos nas ROE.

Para que todas as fases decorram de forma integrada e seja possível, no pouco tempo disponível, obter o maior rendimento possível de todos os meios e forças no terreno, é necessário um sistema de Comando e Controlo integrado, capaz de fornecer comunicações de forma automática. Este sistema deve ter a capacidade de reunir todas as informações provenientes de todos os meios de aviso e alerta, possibilitando, em tempo real, que todos os meios no terreno recebam a informação necessária para serem capazes de responder atempadamente a qualquer ameaça. Ao facilitar a resposta à assimetria dos conflitos atuais, contribuindo para a defesa a várias distâncias e altitudes, e combinando sistemas canhão, sistemas míssil HIMAD e SHORAD e C-RAM de forma integrada, torna-se possível a criação de um Quadro Operacional Comum/Quadro Tático Aéreo Comum (*Common Operational Picture/Common Tactical Air Picture* - COP/CTAP) (Lopes & Matalano, 2010).

## **1.5. Sistemas C-RAM**

### **1.5.1. Sistemas de Armas SHORAD/VSHORAD**

Os sistemas de curto alcance e baixa altitude (*Short Range Air Defense* - SHORAD) e os sistemas de curto alcance e muito baixa altitude (*Very Short Range Air Defense* - VSHORAD) são utilizados maioritariamente para garantir proteção antiaérea de pontos importantes e unidades no teatro de operações. É da responsabilidade destes

sistemas garantir a neutralização/destruição de UAS, mísseis cruzeiros, foguetes, morteiros e granadas de artilharia, bem como de qualquer outro vetor aéreo hostil. Os sistemas de armas dividem-se em sistemas canhão, sistemas míssil ligeiro e sistemas míssil portátil, sendo possível a combinação de sistemas e de outras capacidades numa única plataforma (Salvador, 2006).

Os novos sistemas SHORAD, de acordo com Peruzzi (2015), têm um alcance médio de 10 km e apresentam-se como peças chave no empenhamento contra aeronaves, em ambiente com elevadas contra medidas eletrônicas.

### **1.5.2. Sistemas de Armas HIMAD**

Os sistemas de média e alta altitude (*High to Medium Altitude Air Defense* - HIMAD) podem igualmente garantir proteção, acompanhando a evolução e sofisticação das atuais ameaças, e apresentam maiores alcances, precisão, velocidade e letalidade. Estes sistemas tecnologicamente avançados, são compostos por órgãos com capacidade de detecção até 1000 km de alcance, e mísseis com capacidade de empenhamento até 150/200 km.

### **1.6. Meios C-RAM**

Segundo Manucy (1994), a data da invenção do canhão é um pouco dúbia, muitas referências apontam para 1320, mas a única certeza é que uma das primeiras vezes em que foi utilizado data de Agosto de 1346 na Batalha de Crécy. Embora tenha começado a ser empregue desde então, no que respeita ao seu uso na Artilharia Antiaérea foi necessário esperar até meados de 1870, na guerra franco-prussiana, para que surgisse a necessidade de criar armas leves que pudessem bater balões de ar<sup>4</sup>. Porém, só com o aparecimento do avião, um pouco antes da Primeira Guerra Mundial, é que efetivamente despoleta o emprego de meios. A partir desse momento, a evolução nas capacidades das aeronaves,

---

<sup>4</sup> Durante a Guerra Franco-Prussiana, mais concretamente na Batalha de Sedan, e após os alemães cercarem Paris a 19 de setembro de 1870, o então líder do novo governo, Léon Gambetta, fugiu de Paris num balão de ar e reorganizou o exército a partir da cidade de Tours.

como a velocidade e o teto de voo, foram contribuindo para a evolução dos canhões da Artilharia Antiaérea. O sistema mais eficiente na altura era o canhão 49 mm da Companhia Bofors da Suécia. É nesta altura também que os alemães apresentam a ideia de “Torres Antiaéreas”, mas a sua demora na concretização levou a que se produzissem armas de 12,5 cm com dois canos, os *Flakzwilling 40*. Aquando do final da guerra, o exército americano já havia padronizado para a sua Artilharia Antiaérea canhão 75 mm, pelo facto de ter mobilidade e disparo rápido, consequência de um menor projétil.

A generalidade dos atuais sistemas C-RAM foram desenvolvidos a partir de sistemas canhão já existentes, que sofreram adaptações para conseguir fazer face às recentes ameaças.

### 1.6.1. Oto Melara

O *Oto Melara Porcupine* começou a ser desenvolvido em 2005 e consiste num sistema ligeiro com uma metralhadora *General Dynamics M-940 20x102mm MPT-SD*, que dispara projéteis com capacidade de autodestruição.



Figura 1: Sistema *Oto Melara Porcupine*

Fonte: [http://defense-update.com/20120611\\_oto-melara-self-propelled-gun.html](http://defense-update.com/20120611_oto-melara-self-propelled-gun.html)

Por sua vez, o sistema *Oto Melara Draco* consiste numa versão móvel do canhão naval super rápido 76x62mm, com carregamento automático e uma cadência compreendida entre 80 a 100 tiros por minuto (tpm). O alcance com tiro direto para alvos terrestres varia entre distâncias inferiores a 500 m até 3 km; com tiro indireto tem um alcance de 5 km para alvos aéreos, 15 km para alvos fixos e 20 km para alvos navais (em situações de defesa da costa). É composto ainda por um sistema automático de carregamento, sistema de vigilância eletro-ótico para detetar, reconhecer e identificar alvos em modo passivo e um feixe de seguimento de alvos e munições DART. DART é a munição guiada antimíssil naval, que tem sido testada em sistemas terrestres para aumentar a capacidade contra ameaças com elevada capacidade de manobra. O peso total do sistema, que depende da proteção balística pretendida, ronda as 5,5 toneladas e está preparado para ser instalado e transportado num *shelter*, num camião 8x8, veículos blindados de lagartas ou num C-130. Pode portanto ser configurado com diferentes níveis de mobilidade, dependendo das necessidades táticas.

As versões *Porcupine* e *Draco* foram desenvolvidas para o Exército Italiano.



**Figura 2: Sistema *Oto Melara Draco***

Fonte: <http://www.aereimilitari.org/forum/topic/14462-veicolo-aa-oto-melara-draco/>

### 1.6.2. *Iron Dome*

*Iron Dome* é um sistema de defesa míssil Israelita que começou a ser desenvolvido em 2007 e foi concebido para garantir proteção a cidades contra mísseis balísticos de curto alcance, foguetes e munições 155mm de artilharia, lançados a distâncias compreendidas entre 4 e 70 km, tendo sido utilizado pela primeira vez em 2011. Uma bateria de *Iron Dome* é constituída por três elementos: um radar de detecção e localização (radar multimissão (*Multi-Mission Radar* - MMR)); um posto de comando e sistema de controlo de armas (*Battle Management and Control* - BMC); e uma unidade de lançamento de mísseis (com 3 lançadores, cada um com 20 mísseis interceptores Tamir, que usam uma ogiva especial que destrói qualquer alvo no ar em apenas alguns segundos). Este sistema é geralmente transportado num veículo 6x6 e atua em todo o tipo de condições meteorológicas, pode localizar centenas de ameaças e empenhar-se simplesmente sobre as mesmas, possuindo uma capacidade discriminatória para apenas se empenhar sobre ameaças que representem perigo real para as zonas a proteger.



Figura 3: Sistema *Iron Dome*

Fonte: <http://www.jewishvirtuallibrary.org/jsource/Peace/IronDome.html>

### 1.6.3. Sistema Centurion

Este sistema, também designado por *Phalanx*, é um *Land-Based Phalanx Weapon System* (LPWS) concebido pela companhia americana *Raytheon*, a partir do sistema canhão *Vulcan Phalanx 1B*, usado pela marinha americana para defesa contra ameaças SHORAD e VSHORAD. De forma simplificada, a alteração consistiu em acoplar o sistema *Vulcan* numa plataforma de rodas e associar-lhe novos radares de direção de tiro, aviso e alerta. Este sistema é constituído por três componentes: o sistema de armas, os radares e o sistema de comando e controlo. A arma que equipa este LPWS é um sistema canhão 20 mm M61A1, composto por seis tubos que garantem uma elevada cadência de tiro, entre 3000 a 5400 tiros por minuto, e um subsistema FLIR (*Forward-Looking InfraRed*) que permite a procura e direção de tiro, em quaisquer condições de visibilidade. As munições usadas auto destroem-se, por forma a não causarem danos colaterais. Tem capacidade de ligação, ao radar AN/TPQ-36<sup>5</sup> *Firefinder* ou ao AN/TPQ-64 *Sentinel*, garantindo ambos o aviso prévio. De origem americana, o radar AN/TPQ-36 destina-se, essencialmente, a detetar e localizar morteiros, apresenta um alcance até 24 km e processa até 20 objetivos por minuto. Já a componente *Lightweight Counter Mortar Radar* (LCMR) permite a deteção da ameaça RAM, calculando o ponto de impacto e a sua origem, através da análise da sua trajetória. Esta informação é direcionada para a *Engagement Operation Section* (EOS), e após analisada, é enviada de forma automática para os sistemas de armas, assegurando assim, assegurada a capacidade de comando e controlo. Existe ainda a possibilidade de ligação deste sistema com outros sistemas de aviso prévio, como o *Airborne Warning and Control System* (AWACS) e o *Tactical Digital Information Link* (TADIL-B), entre outros, o que contribui para uma visão mais abrangente, constituindo-se assim um sistema integrado de defesa aérea.

---

<sup>5</sup> A designação AN/TPQ, de acordo com DOA (1995), tem origem em “AN” que significa “Army/Navy”, onde é utilizado, “T” de “Transportable”, pois pode deslocar-se de um local para outro e pode ser transportado de diferentes formas, “P” de “Position finder”, dado que indica a posição de um determinado objetivo, “Q” por ter um propósito especial – Contrabateria- e por fim “36” sendo apenas um número arbitrário para designar o radar.





Figura 4: Sistema *Centurion*

Fonte: [http://www.armyrecognition.com/united\\_states\\_us\\_army\\_artillery\\_vehicles\\_system\\_uk/centurion\\_c-ram\\_land-based\\_weapon\\_system\\_phalanx\\_technical\\_data\\_sheet\\_specifications\\_pictures\\_video.html](http://www.armyrecognition.com/united_states_us_army_artillery_vehicles_system_uk/centurion_c-ram_land-based_weapon_system_phalanx_technical_data_sheet_specifications_pictures_video.html)

#### 1.6.4. Sistema *Rheinmetall's Skyshield/Mantis*

Este sistema, também designado por NBS (*NachstBereichs-Schutzsystem*) pelo exército Alemão, começou a ser desenvolvido em 2007, foi testado na Turquia em 2009 e foi utilizado no TO do Afeganistão em 2011. Cada sistema é constituído por um canhão 35x288mm Millennium, cujas munições libertam submunições de alta densidade, capazes de penetrar e destruir alvos blindados (por exemplo, munições de artilharia 155mm, morteiros 120mm e foguetes pesados). A arma dispara projéteis a alta velocidade a uma cadência de 1000 tpm, a velocidades superiores a 1000 m/s. Este sistema é composto por seis armas, duas unidades não tripuladas de busca e localização (com radares de frequência na banda-X), sensores eletro-óticos e um posto de comando. Os componentes são relativamente leves, o que facilita o seu transporte (uma unidade de tiro com duas armas, radar e posto de controlo, pesa menos de 16 toneladas; cada torre da arma pesa menos de 4 toneladas). As munições da 35x288mm que equipam o sistema NBS oferecem maior alcance e *time-on-target* do que as munições 20x102mm, que equipam o *Centurion*.





**Figura 5: Sistema *Rheinmetall's Skyshield/Mantis***

**Fonte: <http://www.defenseindustrydaily.com/Germany-Orders-Skyshield-C-RAM-Base-Defense-Systems-05418/>**

### **1.6.5. *Oerlikon Skyguard III***

O sistema *Skyguard III* é a mais recente versão do sistema de defesa antimísil *Skyguard I*, desenvolvido pela *Rheinmetall Air Defense*. Este oferece proteção contra uma vasta gama de ameaças aéreas, tais como aeronaves de asa fixa, aeronaves de rotor basculante, UAS, foguetes e mísseis. No que respeita ao armamento, está equipado com um sistema canhão bitubo de 35mm para empenhamento a curto alcance (até 4 km) e ainda dois lançadores de mísseis (alcance de 7 km). As munições usadas possuem tecnologia AHEAD (*Advanced Hit Efficiency and Destruction*) que formam nuvens de sub-projéteis, capazes de neutralizar pequenos alvos, tanto a baixa como alta velocidade. Este sistema canhão é controlado pela Unidade de Controlo de Tiro (*Fire Control Unit - FCU*), embora possa também operar de modo autónomo. O sistema sensor FCU é bastante resistente a contramedidas eletrónicas (*Electronic CounterMeasures - ECM*). O aviso de deteção de alvos e a avaliação da ameaça são transferidos, automaticamente para os sensores de

seguimento. A unidade de monitorização multisensor é constituída pela combinação de um módulo radar TV/laser/IR com elevada precisão, livre de interferências.



**Figura 6: Sistema *Oerlikon Skyguard III***

Fonte: [http://www.armyrecognition.com/germany\\_german\\_army\\_artillery\\_vehicles\\_systems\\_uk/skyguard\\_d\\_iii\\_3\\_oerlikon\\_air\\_defense\\_system\\_cannon\\_missile\\_technical\\_data\\_sheet\\_specifications.html](http://www.armyrecognition.com/germany_german_army_artillery_vehicles_systems_uk/skyguard_d_iii_3_oerlikon_air_defense_system_cannon_missile_technical_data_sheet_specifications.html)

#### **1.6.6. Radar *Oerlikon X-TAR3D***

O *X-TAR3D* é um radar de aquisição tridimensional, que opera na banda-X. Permite procurar, detetar, adquirir, seguir, identificar e classificar alvos aéreos, de forma a fornecer uma imagem tridimensional da imagem aérea (*Local Air Picture - LAP*) para facilitar o comando e controlo, assim como a utilização dos sistemas de armas sobre as diversas ameaças. Este radar foi projetado para fazer face a uma vasta gama de ameaças aéreas, desde alvos convencionais até plataformas com tecnologia *stealth*, UAS, mísseis cruzado, foguetes e morteiros, e possui um alcance até 55 km.



**Figura 7: Radar Oerlikon X-TAR3D**

Fonte: <http://www.army-technology.com/contractors/air-defence/rheinmetall-1/rheinmetall-19.html>

#### **1.6.7. Sistema *David's Sling***

Este sistema, que resulta de uma parceria entre um fabricante israelita e americano, foi concebido para garantir a proteção contra foguetes de médio e longo alcances, mísseis balísticos e mísseis cruzeiro lançados entre 40 a 300 km. Recorre a um radar tridimensional de infravermelhos/eletro-ótico, com um sensor de seguimento a 360 graus e tecnologia *Electronic Counter Counter Measures* (ECCM) e *Radar Counter Counter Measures* (RCCM). O míssil utilizado, o *Stunner*, é um intercetor multiplataforma que permite a ligação e integração com sistemas de defesa aérea e míssil.



Figura 8: David's Sling (Stunner)

Fonte: <http://militaryedge.org/armaments/davids-sling-stunner/>

#### 1.6.8. Sistema *HISAR*

A gama *HISAR*, desenvolvida para as Forças Armadas Turcas, inclui o sistema de curto alcance terra-ar *HISAR-A*, desenhado para garantir defesa aérea das tropas em movimento e bases fixas contra aeronaves de asa, helicópteros, UAS e mísseis ar-terra, bem como, o sistema de médio alcance terra-ar *HISAR-O*, que garante uma cobertura mais ampla e um sistema de controlo de tiro. O *HISAR-A* (*Alçak İrtifa Hava Savunma Füze Sistemi*) consiste num chassis do veículo FNSS ACV-30 com quatro mísseis de lançamento vertical da *Roketsan*, tem acoplado um radar de vigilância aérea e um sistema de infravermelho/eletro-ótico, que lhe permitem operar de forma independente, não sendo necessário integrar o mesmo numa Bateria com um FCS (*Fire Control System*). O alcance deste sistema varia entre 2 e 15 km (mínimo e máximo, respetivamente) e a variação em altitude oscila entre 30 metros e 5 km. A tripulação necessária para operar este sistema são três militares (um condutor e dois controladores). O *HISAR-O* (*Orta İrtifa Hava Savunma Füze Sistemi*) consiste num chassis com rodas Mercedes-Benz, equipado com seis mísseis *Roketsan*, com um alcance máximo de interceção de 15 km, uma altitude máxima de empenhamento de 5 km e um alcance de 25 km. Este foi desenhado para funcionar como uma Bateria em conjunto com o *Aselsan* FCS, que é equipado com um radar de pesquisa móvel, um sistema de infravermelhos/eletro-ótico e um radar de aquisição de alvos. Cada míssil tem um alcance máximo de 25 km e uma altitude máxima de 10km.

Estes sistemas foram testados em junho de 2015, estando agendada para 2017 a entrega dos primeiros sistemas ao Exército Turco.



**Figura 9: Sistema *HISAR-O***

**Fonte:** <http://defence.pk/threads/turkey-successfully-completes-dual-pulse-motor-live-firing-tests-ground-to-air-missile.428887/>



**Figura 10: Sistema *HISAR-A***

**Fonte:** <http://www.balkanforum.info/f41/tuerk-silahl-kuvvetleri-turkish-armed-forces-tuerkische-streitkraefte-25042/index898.html>



### 1.6.10. Sistema *CROTALE NG*

O sistema *CROTALE NG* (*New Generation*) é um sistema míssil de defesa aérea de curto alcance, desenvolvido para atuar em quaisquer condições meteorológicas. A sua missão compreende a defesa permanente ou semipermanente da linha da frente de uma Brigada, e a defesa aérea contra ameaças aéreas, tais como aviões, helicópteros de ataque, mísseis cruzeiro, mísseis táticos e mísseis stand-off (guiados por satélite), lançados a partir de aviões e helicópteros. Este sistema fornece uma imagem da situação aérea, faz a avaliação da ameaça, tem a capacidade de detecção e aquisição automática de vários alvos, seguimento e empenhamento em quaisquer condições adversas, desde guerra eletrônica a ambientes com contaminação nuclear, biológica ou química (NBQ). A última versão deste sistema, a MK3, possui um alcance máximo de 16 km e uma altitude máxima de 9 km, integrando ainda este sistema o radar de vigilância tridimensional de feixe múltiplo *Shikra*. O míssil utilizado por este sistema, o VT1, utiliza uma ogiva de fragmentação iniciada por aproximação, possui um alcance de 11 km a uma altitude máxima de 6 km e desloca-se a uma velocidade de *Mach* 3.5.



Figura 11: Sistema *Crotale NG*

Fonte: <http://www.militarybox.cz/news/crotale-francouzsky-protiletdlovy-system/>

### 1.6.11. Sistema *IRIS-T SLM*

Este sistema, desenvolvido pela empresa Diehl Defense para as Forças Armadas Alemãs, foi concebido para atuar sobre ameaças a curto alcance, mas também sobre mísseis de médio alcance, UAS e granadas de Artilharia. Este sistema é constituído por: um radar tridimensional multifunção CEAFAAR, que garante uma cobertura a 360 graus, sendo utilizado tanto para vigilância como para seguimento de alvos; um Centro de Operações Tático (*Tactical Operations Center* - TOC), composto por dois militares, garante a ligação via rádio ou por cabo de fibra ótica a todos os elementos do sistema; e o sistema de lançamento, com capacidade para 8 mísseis, permite o empenhamento sobre múltiplos alvos. O míssil utilizado é o IRIS-T SL que pode ser guiado por radar e tem um alcance de 40 km a uma altitude máxima de 25 km. Todas estas especificidades foram testadas em janeiro de 2015 na África do Sul.



Figura 12: Sistema *Iris-T SLM*

Fonte: <http://www.diehl.com/en/diehl-defence/press-media/subjects-in-the-focus/iris-t-sl-guided-missile.html>

### 1.6.12. Radar *Giraffe*

Segundo Clare (2010), os radares *Giraffe* fornecem atempadamente às tropas, a detecção de ataques de foguetes, granadas de artilharia e morteiros inimigos, garantindo proteção às forças Australianas e à Força Internacional de Assistência e Segurança (*International Security Assistance Force* - ISAF), atualmente em missão de *Resolution Support* (RS) no Afeganistão. A gama de radares *Giraffe* tem vindo a sofrer atualizações desde a sua criação, e atualmente existem três modelos que devem ser avaliados:

*Giraffe 8A* – este radar foi desenhado para garantir a defesa contra mísseis balísticos, e apresenta três versões para aplicações fixas, transportadas e móveis. Tem a capacidade para detetar rapidamente e acompanhar todos os alvos dentro do setor do sensor, e ainda para detetar, seguir e reportar mísseis balísticos de médio/longo alcance e fornecer informação aos sistemas de armas e C2, para reduzir o tempo entre o aviso e o empenhamento. Com um alcance de 470 km e 40 km de altitude, este radar possui um sensor de longo alcance 3D que atua na banda-S, e pode operar em modo contínuo 24 horas por dia, varrendo 360°, ou pode ser manipulado, operando em setores específicos de 40 a 100°.



**Figura 13: Radar *Giraffe* 8A**

**Fonte:** <http://saab.com/air/sensor-systems/ground-based-air-defence/giraffe-8a/>



*Giraffe 4A* – este radar pode empenhar-se em múltiplas missões sem diminuir o seu desempenho. Tem capacidade para identificar e seguir um elevado número de objetos em simultâneo, seguir múltiplos alvos aéreos, identificá-los e empenhar-se em todos concomitantemente, seguir mísseis balísticos, calcular o seu ponto de origem e ponto de impacto, permitindo o ajuste de fogos. Possibilita também detetar (e alertar) a aproximação de pequenos objetos com trajetória balística. Foi concebido para conseguir operar em ambientes climáticos extremos e possui um alcance de 280 km, podendo varrer em 360° ou em setores de 40 a 120°.



**Figura 14: Radar *Giraffe 4A***

**Fonte:** <http://saab.com/air/sensor-systems/ground-based-air-defence/giraffe-4a/>

*Giraffe 1X* – este radar de curto alcance 3D, que atua na banda-X, destina-se a situações onde a mobilidade e a aproximação à área de combate são requeridas. Pode ser facilmente integrado em qualquer tipo de plataforma móvel, não obstante poder também ser usado em instalações fixas. Possui uma função de deteção e alerta que pode ser

programada para localizar armas. Tem a capacidade para monitorizar alvos aéreos a 360° e, em simultâneo, localizar e alertar para ataques de foguetes, munições de artilharia e morteiros.



**Figura 15: Radar *Giraffe 1X***

**Fonte:** <http://saab.com/air/sensor-systems/ground-based-air-defence/giraffe-1X/>

#### **1.6.13. Radar AN/TPQ-49**

O radar de contrabateria AN/TPQ-49 fornece vigilância contínua a 360 graus e garante a localização tridimensional de foguetes, mísseis e munições de artilharia, através de uma antena não rotativa, mas eletronicamente dirigida. A capacidade de cobertura permite detetar e controlar, em simultâneo, vários ataques oriundos de locais diferentes, dentro de uma área de 315 quilómetros quadrados. No entanto, pode ser configurado para varrer um sector inferior a 360°, de forma mais intensiva e com taxas de atualização mais frequentes. Uma vez detetada a ameaça, o radar envia atempadamente uma mensagem de alerta, avisando sobre a iminência do ataque. Após localizado o ponto exato de origem do

ataque, a sua localização é enviada para o centro de comando e controlo ou para os sistemas de armas. Este radar de pequeno tamanho e baixo consumo energético (1200 W) pode ser montado e rapidamente por dois militares em 20 minutos. Tem um alcance superior a 10 km, uma precisão do ponto de origem de 75 metros aos 5 km, pesa 68 kg e tem uma dimensão de 1,25 m de diâmetro por 1,25 m de altura.



**Figura 16: Radar AN/TPQ-49**

**Fonte:** <http://www.srcinc.com/pdf/63-AN-TPQ-49.pdf>

#### **1.6.14. Radar AN/TPQ-50**

O radar de contrabateria AN/TPQ-50, à semelhança do seu antecessor, garante uma vigilância a 360° e a localização tridimensional de ameaças RAM, através de uma antena não rotativa, mas eletronicamente dirigida. Possui a capacidade de aquisição de vários ataques em simultâneo dentro de uma área de 315 km<sup>2</sup>, e permite também ajustar o seu sector de varrimento. A diferença mais significativa corresponde à capacidade de detetar alvos com trajetórias mais planas do que a versão anterior, assim como a capacidade de

cálculo do ponto de impacto com maior precisão a uma distância superior. Assim, após detetar e enviar uma mensagem de alerta, localiza o ponto de origem do ataque com uma precisão de 50 metros a distâncias superiores a 10 km, e transmite esta informação para o centro de comando e controlo, ou para os sistemas de armas. As melhorias de desempenho fazem com que este tenha um consumo energético superior (3000 W); no entanto, as suas dimensões mais reduzidas, 1,1 m de diâmetro e 2 m de altura (quando montado no tripé), e o seu peso (cerca de 227 kg) permitem que este seja montado e possa operar num veículo, mas também rapidamente instalado num tripé, no solo.



**Figura 17: Radar AN/TPQ-50**

Fonte: <http://www.srcinc.com/pdf/64-AN-TPQ-50.pdf>

### **1.7. O sistema C-RAM na AAA Portuguesa**

Com base no quadro orgânico 09.03.07, aprovado a 14 de março de 2016 por Sua Excelência o Gen CEME, o Exército Português estabelece, no parágrafo 3, que depende do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) a “proteção aos pontos/áreas sensíveis e unidades

de manobra, de apoio de combate e de apoio de serviços, contra ataques de foguetes e granadas de Artilharia ou de Morteiros (C-RAM)”. Ainda neste contexto e cumprindo as orientações patentes nas NATO’s *Minimum Capability Requirements Parts II – Capability Codes and Capability Statements* Dec2011, o GAAA, quando empenhado, deverá ser capaz de fazer uso, para além de outras funções, da capacidade C-RAM, garantir proteção através da deteção e neutralização de foguetes, granadas de artilharia e de morteiros de origens variadas, salvaguardando o pessoal, o equipamento e as instalações.

Desta forma, o GAAA está organizado em duas Baterias de Artilharia Antiaérea (BtrAAA), sendo a 1ªBtrAAA comporta na sua orgânica um Pelotão de Sistema C-RAM. Organicamente, este PelSistC-RAM tem um comando e quatro secções de sistemas C-RAM, com um efetivo de 16 militares. Este número é apenas uma referência, uma vez que dependerá dos sistemas C-RAM que irão equipar o PelSistC-RAM, sendo de referir que, até à presente data, não foram adquiridos quaisquer sistemas. Este quantitativo está assim dependente da inclusão na Lei de Programação Militar (LPM) que permitam a aquisição de meios para combater as ameaças RAM, incluindo os sistemas de armas, os radares de alerta e aviso, os radares de conduta e direção de tiro e os sistemas de comando e controlo.

O atual equipamento da AAA, nomeadamente os radares, não têm capacidade para destrinçar a ameaça RAM, estando apenas aptos em relação à ameaça aérea convencional. Contudo, os radares AN/TPQ-36 que equipam a Artilharia de Campanha (AC), possuem essa valência de deteção da ameaça RAM, conseguindo analisar o ponto de impacto e o ponto de origem desta. Ao nível de sistemas, não existe no nosso Exército nenhum que disponha de cadência de tiro suficiente para destruir ou neutralizar uma ameaça RAM, e os que existem também não possuem ligação a um sistema de defesa aérea que lhes envie informação para os radares de direção e conduta de tiro. Falta ainda a componente que permita interligar de forma automática, ao sistema de comando e controlo, todos os sistemas C-RAM e respetivas fases.

Para tal, encontra-se em fase de aquisição o Sistema Integrado de Comando e Controlo da Artilharia Antiaérea (SICCA3), cuja arquitetura permite que este automatize e interligue a partilha de informação, de modo seguro, proveniente dos sistemas de armas e dos radares, entre todas as unidades que contribuem para o sistema de defesa aérea, garantindo desta forma a partilha de uma imagem comum em tempo real. Deste modo, são eliminadas “áreas cegas” e torna-se mais fácil decidir como a força poderá responder mais eficazmente à ameaça. O SICCA3 permitirá ainda que a AAA Portuguesa possa integrar o Sistema de Defesa Aérea Nacional (SDAN) (Oliveira, 2011). Este novo sistema irá

melhorar a atual realidade do sistema C2 da AAA Portuguesa, onde a disseminação de informações e demais comunicações são efetuadas por voz, não sendo possível também visualizar a Imagem Comum das Operações, do Centro de Relato e Controlo (CRC) nem das Unidades de Tiro (UT). Com o atual sistema C2 é possível controlar procedimentos, mas sendo um método manual, não garante a atuação em tempo real nem a eficiência necessárias para fazer face às atuais ameaças.

## **CAPÍTULO 2**

### **METODOLOGIA**

O conceito metodologia deriva da palavra “método”, em Latim *methodus*, que significa caminho para alcançar determinado fim. Assim segundo Sarmento (2013), é um processo que conglomerar meios que visam atingir um fim. A autora apresenta os métodos de investigação científica como um conjunto de regras e procedimentos, a que um investigador recorre, quer para produzir conhecimentos inovadores, quer, simplesmente, para desenvolver e aperfeiçoar conhecimento já existente na comunidade científica.

Quando “o investigador utiliza o método de investigação qualitativa (...) observa, descreve, interpreta e aprecia o meio e o fenómeno tal como se apresentam, sem procurar controlá-los” (Fortin, 2003, p.22), Hernández, Fernández & Batista (2006) acrescentam ainda que, na abordagem qualitativa, os dados obtidos no processo de interpretação não estão sujeitos a medições numéricas e podem ou não provar hipóteses. Também Vilelas (2009), no âmbito da abordagem qualitativa, salienta a existência da relação entre o mundo objetivo e a percepção do sujeito, relação essa que, não pode ter tradução numérica. Assim sendo, a abordagem realizada para a consecução deste Trabalho de Investigação Aplicada é qualitativa, uma vez que não se pretende alcançar valores numéricos, mas sim relacionar realidades, neste caso, sistemas C-RAM, de acordo com a visão de especialistas e a interpretação de dados concretos. O processo de investigação, de acordo com Sarmento (2013), pode ser suportado por mais do que um método. Assim, para a consecução deste trabalho, cuja natureza consiste na investigação aplicada, os métodos de recurso para a averiguação das questões formuladas são o analítico e o inquisitivo. O método analítico, porque se descrevem as características e especificidades técnicas dos diversos sistemas C-RAM, e o inquisitivo, na medida em que a metodologia de aplicabilidade prática consiste na formulação de questionários e entrevistas.

O presente Trabalho de Investigação Aplicada pretende dar resposta à seguinte Questão de Partida (QP):

“Quais as principais características do sistema C-RAM e qual a sua aplicabilidade no Exército Português?”

Com o intuito de obter uma resposta mais cabal à pergunta de partida, foram enunciadas as seguintes questões derivadas:

Questão Derivada (QD) nº1 – Quais as principais potencialidades do sistema C-RAM?

QD nº2 – Quais as principais vulnerabilidades do sistema C-RAM?

QD nº3 – Quais os custos associados à aquisição do sistema C-RAM na AAA do Exército Português?

QD nº4 – Qual a metodologia de formação a adotar no âmbito da habilitação dos Recursos Humanos?



## CAPÍTULO 3

### MÉTODOS E MATERIAIS

A técnica de recolha de dados pode definir-se como “o conjunto de processos e instrumentos elaborados para garantir o registo das informações, o controlo e a análise dos dados” (Moresi, 2003, p23). Desta forma, visando a obtenção de informações que permitissem responder aos objetivos deste trabalho, as técnicas de recolha de dados utilizadas consistiram na análise documental e na formulação de inquérito, através da metodologia de entrevistas e questionários. No que respeita a análise documental, foram tidos em conta artigos científicos, publicações doutrinárias do Exército, revistas da especialidade, livros, *field manuals* (FM) e informação online, publicados desde 2000 até ao presente ano (2016), obtidos através de pesquisas realizadas na Biblioteca da Academia Militar Sede, na Biblioteca do Instituto Universitário Militar (IUM), na biblioteca do Estado-Maior General das Forças Armadas (EMGFA) e em algumas bibliotecas municipais. Outra forma de recolha de dados já mencionada foi o recurso a inquérito, que segundo Tuckman (2000), é uma técnica para recolha direta de informação sobre determinada temática, através de um conjunto de questões ordenadas e organizadas, que podem ser respondidas de forma escrita ou oral e que refletem a opinião ou perceção dos sujeitos inquiridos. Segundo o mesmo autor, existem duas técnicas de inquérito: inquérito por entrevista e inquérito por questionário, tendo-se neste trabalho, concretizado o recurso a ambas as técnicas. A entrevista pressupõe a interação entre o investigador e o entrevistado para a efetivação da recolha de dados, e torna-se vantajosa pela possibilidade de pedir esclarecimentos ao inquirido, quando a resposta deste não for satisfatoriamente clara (Silverman, 2000). O questionário é a técnica utilizada quando as questões “são apresentadas através de um formulário que o inquirido administra a si próprio” (Coutinho, 2015, p.23).

A população é, de acordo com Sarmiento (2013), um conjunto de indivíduos que apresentam, no mínimo, uma característica em comum. Assim sendo, a população

considerada para aplicar a técnica de inquérito foram os Oficiais de Artilharia do Exército Português e Americano com conhecimento ou formação em sistemas C-RAM.

“Ao conjunto de elementos da população, que é representativo e significativo desta” (Sarmento, 2013, p.71) designa-se por amostra. A amostra considerada para esta investigação conglomerava seis oficiais, dos quais, três são de nacionalidade portuguesa e três são de nacionalidade americana.

De acordo com Sarmento (2013), quando a entrevista é dirigida a uma única pessoa denomina-se por entrevista individual. Segundo a autora, a entrevista classifica-se quanto ao número de sujeitos, em individual, grupal, painel de entrevistadores e painel de entrevistados e grupo de entrevistados. No que concerne à estrutura, as entrevistas classificam-se como estruturadas, não estruturadas e semiestruturadas. Numa entrevista semiestruturada, o investigador tem liberdade para alterar a ordem das questões, mantendo no entanto, a necessidade de uma linha de orientação, através do recurso ao guião da entrevista (Simões, 2006). Neste âmbito, foram realizadas entrevistas individuais e semiestruturadas a três Oficiais de Artilharia do Exército Português e aplicados questionários<sup>6</sup> a três Oficiais de Artilharia do Exército Americanos, não tendo no entanto sido possível obter os contributos destes últimos.

A técnica de análise dos dados consistiu na análise qualitativa do conteúdo subjetivo das entrevistas realizadas, com base nas variáveis objetivas extrapoladas a partir das mesmas: deteção, tempo de resposta, alcance, tecnologia, interoperabilidade, logística e relação custo-benefício.

Aos elementos da amostra, denominados por inquiridos, foi efetuada a seguinte correspondência, no âmbito da análise dos dados:

Inquirido n.º 1: Tenente-Coronel Barreira;

Inquirido n.º 2: Tenente-Coronel Patronilho;

Inquirido n.º 3: Tenente-Coronel Garcia;

Na análise efetiva dos dados, a amostra inicial constituída por seis Oficiais, resume-se a apenas três, correspondentes aos Oficiais de nacionalidade portuguesa, tendo os restantes sido excluídos por não terem respondido aos questionários.

---

<sup>6</sup> Estrutura dos questionários igual à das entrevistas, em versão traduzida para inglês.

## **CAPÍTULO 4**

### **RESULTADOS**

Após a realização das entrevistas<sup>7</sup> e questionários à amostra constituída por 6 Oficiais, consideram-se apenas as três entrevistas efetuadas aos Oficiais de nacionalidade portuguesa, face à ausência das respostas dos Oficiais de nacionalidade americana. Os resultados obtidos foram os seguintes:

**Questão número 1: “Os sistemas C-RAM surgiram como resposta aos ataques de morteiros, foguetes e outras ameaças assimétricas nos Teatros de Operações do Iraque e Afeganistão. Tendo em conta todo o processo evolutivo dos vários sistemas C-RAM, quais as características/fatores, que destaca para que estes sistemas se afirmem como fundamentais para qualquer Exército? Quais as vulnerabilidades que destaca deste tipo de armas?”.** Da análise das respostas obtidas a esta questão, destacam-se as características e fatores, considerados relevantes pelos três entrevistados, sendo elas a deteção e o reduzido tempo de resposta. Relativamente às vulnerabilidades destes sistemas, as variáveis salientadas pelos inquiridos foram o alcance reduzido, a tecnologia (sistema de comando e controlo automático), interoperabilidade, logística (reabastecimento e manutenção) e custo/benefício, resumidamente esquematizadas na tabela 1.

---

<sup>7</sup> Guião da entrevista no apêndice A.

**Tabela 1: Variáveis analisadas na questão 1**

	Vantagens		Vulnerabilidades				
	Deteção	Tempo de resposta	Alcance	Tecnologia	Interoperabilidade	Logística	Custo/Benefício
Inquirido 1	✓	✓	✓	✓	✓		✓
Inquirido 2	✓	✓	✓	✓		✓	
Inquirido 3	✓	✓	✓	✓			

**Questão número 2: “Considerando uma matriz de avaliação para a escolha de um sistema C-RAM baseada apenas nos seguintes fatores: poder de fogo, capacidade radar, mobilidade e preço, de que forma hierarquizava e priorizava estes fatores?”.** As respostas obtidas a esta questão não traduzem unanimidade entre os inquiridos, no âmbito da hierarquização de prioridades dos fatores enumerados. O inquirido nº 1 salienta a importância de todos os fatores, interligados entre si, considerando contudo a mobilidade como fator de menor importância na hierarquia de prioridades, a pesar na sua decisão. Este, coloca a capacidade radar e os sistemas de armas ao mesmo nível, e ressalva que o fator preço será objeto de análise e equacionado em função da dimensão das necessidades.

O Inquirido n.º 2 foca que a hierarquização/priorização destes fatores está intimamente dependente das necessidades e prioridades emanadas pelo Estado Português, no âmbito da Defesa Nacional, salientando que o fator preço é hierarquizado na ordem de prioridades, em função do orçamento definido para o Exército.

O Inquirido n.º 3 não responde com a objetividade passível de extrapolar variáveis de comparação, enfatizando no entanto a necessidade de existirem mais fatores na equação em objeto de análise, como a tipologia, a integração com o Comando, Controlo,

Computadores e Informação (C4I), os meios de aquisição, a sustentação logística, o tempo de vida útil dos sistemas, a capacidade de contramedidas eletrônicas e a capacidade de projeção.

**Questão número 3: “Após reestruturação dos Quadros Orgânicos do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) (Quadro Orgânico 09.03.07, aprovado a 14/03/2016), o GAAA tem na sua composição duas Baterias, respetivamente, 1ª Bateria e 2ª Bateria. É na 1ª Bateria que se encontra o Pelotão de Sistema C-RAM composto por 4 secções. Perante esta orgânica, e tendo como objetivo capacitar a AAA Portuguesa para atuar como Força Nacional Destacada num Teatro de Operações atual, que meios C-RAM se adequariam a este propósito? Porquê?”**. Em resposta a esta questão, o Inquirido n.º 1 realçou dois sistemas capazes de dar resposta a esta necessidade: o Phalanx e o canhão bitubo Oerlikon GDF007. Remeteu no entanto a escolha para o Oerlikon GDF007, por ser mais facilmente transportável do que o Phalanx.

O Inquirido n.º 2 salientou a subjetividade da questão, referindo a dependência da tipologia do TO, que varia de região para região e que também depende dos requisitos da organização que comanda a missão.

O Inquirido n.º 3 remeteu a questão para o Diretor do Projeto de AAA, em conjugação com a Divisão de Planeamento de Forças (DPF)/ Estado Maior do Exército (EME).

**Questão número 4: “Se o objetivo de emprego do GAAA fosse garantir a proteção a um evento de alta visibilidade em Território Nacional, por exemplo, uma Cimeira Europeia, que meios C-RAM seriam adequados a esta tarefa?”**. A esta questão o Inquirido n.º 1 enfatizou os sistemas já considerados na questão número 3. Considerou o Phalanx e o Oerlikon CDF007 como sistemas capazes de cumprir a missão. Contudo, advertiu para a necessidade de um sistema C2, que integrasse em tempo real os sistemas considerados, e que estivesse ligado com o SDAN, assim como, a existência de, pelo menos, um radar de vigilância com capacidade de discriminação da ameaça para detetar, localizar e seguir granadas de artilharia e morteiros, bem como equipamentos rádio de baixa frequência.

O Inquirido n.º 2 realçou a importância do levantamento das ameaças, das zonas vitais e das necessidades daí decorrentes, relacionando-as com a capacidade de aquisição de meios. No entanto, assinala os sistemas canhão automáticos e os empasteladores como meios necessários para fazer face à situação considerada.

O Inquirido n.º 3 destaca a integração dos meios C-RAM com os restantes meios, para garantir a proteção de um HVE, mas tendo por base os princípios de emprego dos meios AAA, as ameaças, as rotas de aproximação, o terreno e as ROE, entre outros.

Da análise dos resultados destaca-se a inexistência de unanimidade dos inquiridos entre si, e entre os autores citados na componente teórica deste trabalho, correspondente à revisão bibliográfica. De entre os vários sistemas C-RAM descritos na literatura, os inquiridos confinam as suas escolhas aos sistemas canhão C-RAM, mais concretamente ao Phalanx e ao Oerlikon, por considerarem as suas especificidades (capacidade de alcance e cadência de tiro), mais adequadas às necessidades da Artilharia Antiaérea Portuguesa.

## CAPÍTULO 5

### DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Dos sistemas C-RAM considerados, é possível dividi-los no que respeita ao armamento, em dois grupos, o grupo dos sistemas que utilizam mísseis, e o grupo dos sistemas que utilizam sistemas canhão. Quatro sistemas C-RAM considerados utilizam mísseis e cinco utilizam sistemas canhão, contudo existe um sistema C-RAM, o *Oerlikon Skyguard III*, que engloba as duas vertentes, apresentando um sistema canhão bitubo de 35 mm e dois lançadores de mísseis guiados. Dos sistemas C-RAM míssil, quase todos apresentam um número idêntico de mísseis, exceto o sistema *Iron Dome* que se destaca com três lançadores com vinte mísseis cada. Relativamente aos sistemas C-RAM com recurso ao sistema canhão, são muito idênticos, fazem recurso a 20 mm ou 35mm, variando essencialmente, no número de unidades de tiro.

Quanto ao alcance das armas, os sistemas C-RAM míssil apresentam, na sua generalidade, alcances superiores, destacando-se o *Iron Dome* com uma capacidade de empenhamento até 70 km. Nos sistemas C-RAM com sistema canhão, os alcances vão até um limite de 15 km, destacando-se o sistema *Rheinmetall's Skyshield/Mantis*, no sentido em que o alcance máximo é bastante reduzido (1,5 km), em comparação com os demais.

Uma componente intimamente ligada ao armamento e ao alcance das armas é a cadência de fogo de cada sistema. Nesta vertente, três dos sistemas apresentam uma cadência de fogo bastante considerável, sendo o sistema *Oto Melara Porcupine* o que maior cadência de fogo tem (3000-6000 tpm), e o sistema *Oto Melara Draco* o que apresenta a menor cadência de fogo.

Na comparação dos sistemas de aquisição, todos os sistemas possuem radares para aquisição de alvos. O facto de o sistema *Centurion* possuir ligação com o radar AN/TPQ-36 *Firefinder*, coloca-o em situação vantajosa, uma vez que o Exército Português já possui este radar.

Todos os sistemas apresentam capacidade de mobilidade, estando acoplados em plataformas de rodas ou de lagartas.

A vertente de recursos humanos é bastante transversal a todos os sistemas, não sendo um dado decisivo para escolha dos sistemas.

Perante a diversidade de sistemas C-RAM descritos na literatura, a eleição do sistema ideal evidencia-se subjetiva e intimamente dependente das suas características, em concomitância com os requisitos, necessidades e especificidades de cada Exército, definidas em harmonia com a NATO.

Após revisão bibliográfica, e perante a necessidade de propor um sistema C-RAM, há que fazer uma primeira comparação relativamente ao tipo de sistema que pode ser mais vantajoso e atuar transversalmente em todas as missões atribuídas à Artilharia Antiaérea. Para tal, efetuámos uma análise comparativa das especificidades e características dos diversos sistemas C-RAM, resumidamente representados na tabela 2.

**Tabela 2: Variáveis analisadas para comparação dos sistemas**

Meios	Armamento	Alcances	Sistema de Aquisição	Mobilidade	Pessoal	Poder de fogo
<i>Oto Melara Draco</i>	Versão móvel do canhão naval super rápido 76x62mm	5km (alvos terrestres com fogo indireto); 15km (alvos fixos)	Radar 3D	Sim	3	80 tpm
<i>Oto Melara Porcupine</i>	3 a 4 unidades de tiro Metralhadora Gatling M61A1 20mm 6 canos	Até 10km	Sistema radar 3D	Sim	2	3000-6000 tpm
<i>Rheinmetall's Skyshield/Mantis System</i>	2 canhões 35x288mm Millennium,	1-1,5km	Radar 3D	Sim	s/d	1000 tpm
<i>Centurion Weapon System</i>	sistema canhão 20mm M61A1	3,6 km	Radar AN/TPQ-36 Firefinder	Sim	s/d	4500 tpm
<i>Oerlikon Skyguard III</i>	sistema canhão bitubo 35mm;  2 lançadores de mísseis guiados	4km;  7km	Oerlikon X-TAR3D radar	Sim	4	s/d
<i>Iron Dome</i>	3 lançadores, cada um com	4 km	Radar EL/M-2084	Sim	s/d	s/d



	20 mísseis Tamir	70 km				
<i>HISAR System</i>	4 mísseis 6 mísseis	2-15 km 25 km	Radar 3D	Sim	s/d	s/d
<i>CROTALE NG System</i>	8 mísseis	16 km	Radar 3D Shikra	Sim	s/d	s/d
<i>IRIS-T SLM system</i>	8 mísseis IRIS- T SL	40 km	Radar 3D	Sim	3	s/d

Assim sendo, e considerando que um sistema C-RAM deve estar capacitado para garantir proteção contra ameaças RAM, UAS e aeronaves, os sistemas canhão são aqueles que garantem a eficácia da missão despendendo apenas o volume de fogos proporcionais e necessários para neutralizar a ameaça. Se, por exemplo, a ameaça detetada sobre um evento de alta visibilidade a decorrer no centro de Lisboa fosse um mini-drone, destruí-lo com recurso a um míssil seria uma medida desproporcional, pouco eficiente (devido à baixa assinatura eletromagnética e tamanho reduzido), com um risco associado superior e bastante mais dispendiosa. Esta análise vai de encontro às ideias apresentadas pelos Inquiridos nº1 e nº2, que selecionaram os sistemas canhão como os mais capacitados para dar uma resposta mais abrangente à AAA.

Importa agora perceber qual o sistema canhão C-RAM que melhor se enquadra na constituição do Pelotão de Sistema C-RAM do Grupo de Artilharia Antiaérea, cujo QO foi recentemente aprovado, sendo este PelSistC-RAM constituído por quatro secções, a que correspondem 4 unidades de tiro. Os 3 inquiridos salientaram como capacidades vantajosas dos sistemas C-RAM a deteção e o curto tempo de resposta, remetendo a questão de comparação para os sistemas de aquisição. Neste âmbito todos os sistemas C-RAM considerados têm ligação com sistemas radar com capacidades bastante semelhantes, podendo no entanto excluir-se o sistema *Oto Melara Draco* por ser uma estação integrada (isto é, concentra no mesmo sistema a arma e o sistema de direção de tiro/radar), o que obrigaria a um elevado investimento, com fraca relação custo/eficácia, já que não existe a necessidade de cada unidade de tiro dispor de um radar dedicado. Relativamente ao sistema *Centurion*, este tem capacidade de ligação com o radar AN/TPQ-64 *Sentinel* e com o radar AN/TPQ-36 *Firefinder* (este último equipa o Exército Português), o que evitaria custos relativos à formação dos recursos humanos, visto estes já estarem familiarizados com o sistema. No entanto, considerando a dimensão e que o peso de uma unidade de tiro no atrelado são 24 toneladas, a sua mobilidade não é a melhor solução tática. O maior

alcance e *time-on-target* apresentados por outros sistemas (ex.NBS) retiram-lhe alguma vantagem. Uma das vulnerabilidades salientadas pelos inquiridos nº 1 e nº 2 foi o reduzido alcance, e tendo em conta essa variável, e embora o sistema NBS se apresente mais eficaz quanto às munições, o alcance dos seus sistemas de armas é bastante reduzido, entre 1 e 1,5 km, o que levanta a interrogação se este sistema consegue garantir efetiva segurança (ex. face a um míssil) e quais os efeitos colaterais de destruir uma ameaça com recurso a este sistema.

Analisando dois fatores chave de atuação de um sistema, nomeadamente o alcance e o poder de fogo, o sistema *Oerlikon Skyguard III* tem um alcance de 4 km e uma cadência de fogo desconhecida, o sistema *Oto Melara Porcupine* tem um alcance de 10 km e uma cadência de 3000 a 6000 tpm e o sistema *Centurion* tem um alcance de 3,6 km e uma cadência de tiro de 4500 tpm. Qualquer um destes sistemas é mais vantajoso em relação ao atual sistema canhão bitubo AA 20mm da AAA Portuguesa.

## CONCLUSÕES

Este trabalho de investigação aplicada aborda os sistemas de C-RAM, que se podem classificar em dois grupos: os sistemas C-RAM míssil e os sistemas C-RAM canhão. Ambos os sistemas possuem seis fases de atuação, que englobam a prevenção, a deteção, aviso, interceção, proteção e ataque. De todos os sistemas estudados, quatro utilizam mísseis e cinco utilizam sistemas canhão, existindo um único sistema C-RAM, que engloba as duas vertentes, o Oerlikon Skyguard III, que é constituído por um sistema canhão bitubo de 35 mm e dois lançadores de mísseis guiados. Dos sistemas C-RAM míssil estudados, quase todos apresentam um número idêntico de mísseis, exceto o sistema *Iron Dome*, que se destaca por dispor de três lançadores com vinte mísseis cada. Relativamente aos sistemas C-RAM com recurso ao sistema canhão, todos são muito idênticos, munidos de calibres de 20 mm ou 35 mm, variando essencialmente no número de unidades de tiro.

O atual equipamento da Artilharia Antiaérea Portuguesa, nomeadamente os radares, não dispõem de capacidade para distinguir a ameaça RAM, estando apenas habilitados a detetar ameaças aéreas convencionais. Ao nível de sistemas de armas, não existe no nosso Exército nenhum sistema que disponha de cadência suficiente para destruir ou neutralizar uma ameaça RAM, e os que existem também não possuem ligação a um sistema de defesa aérea que lhes envie informação para os radares de direção e conduta de tiro. A Artilharia Antiaérea também permanece desprovida da componente que permite interligar de forma automática todos os sistemas C-RAM, ao sistema de comando e controlo. Com o atual sistema C2 é possível controlar procedimentos, mas sendo um método manual, não garante atuação em tempo real nem a eficiência necessárias para fazer face às atuais ameaças.

Propendendo o contributo para a clarificação da Questão Principal formulada neste trabalho de investigação, derivaram-se as seguintes questões:

### Resposta às Questões Derivadas

### **Questão Derivada (QD) n.º 1 – Quais as principais potencialidades do sistema C-RAM?**

A génese dos sistemas C-RAM residiu na necessidade de proteção de forças, decorrente dos ataques de forças hostis, com recurso a meios rudimentares e de baixo custo, que afetavam o moral das tropas. Neste sentido, a proteção conferida por estes sistemas evidencia-se por si só como uma potencialidade, acrescida da deteção da ameaça em tempo real, e o tempo de resposta a essa mesma ameaça. Outra potencialidade destes sistemas é a possibilidade de integração no Sistema de Defesa Aérea Nacional. Estas potencialidades permitem minimizar os efeitos secundários dos ataques deferidos contra as nossas forças e infraestruturas. Consequentemente, o sentimento de segurança é maior e a aceitação pública e dos *media* também.

### **QD n.º 2 – Quais as principais vulnerabilidades do sistema C-RAM?**

Como qualquer sistema automático, os sistemas C-RAM podem não dispor de eficácia absoluta, sendo as suas principais vulnerabilidades os alcances reduzidos da maioria dos sistemas canhão, a logística de reabastecimento e manutenção, face à elevada cadência de tiro e rápido desgaste. Constitui outro fator de vulnerabilidade, a componente tecnológica intrínseca aos sistemas automáticos, incompatível com os atuais sistemas de tiro manuais da nossa AAA. A interoperabilidade é também um fator de vulnerabilidade, uma vez que a falta de um sistema C2, que permita a ligação entre os diversos sistemas e subsistemas que compõem um sistema C-RAM, inviabiliza a resposta atempada e eficaz.

Mesmo considerando as vulnerabilidades referidas, a maioria dos sistemas C-RAM regista uma taxa de sucesso no TO bastante elevada.

### **QD n.º 3 – Quais os custos associados à aquisição do sistema C-RAM na AAA do Exército Português?**

Os custos associados à aquisição de um sistema C-RAM são subjetivos, e dependem das necessidades específicas dos sistemas a considerar, determinadas pelas diretrizes emanadas pela NATO. Uma vez definidas, o custo efetivo do sistema C-RAM deverá ser mediado pela comissão de escolha nomeada para o efeito, através da análise das propostas apresentadas em concurso público internacional, para aquisição de equipamento.

### **QD n.º 4 – Qual a metodologia de formação no âmbito da habilitação dos Recursos Humanos?**

Um aspeto fulcral para a aquisição de determinado sistema C-RAM é garantir que existem recursos humanos capazes de operar o mesmo, sendo deste modo necessária a dinamização de um curso de formação.

A primeira fase pressupõe o envio (número exemplificativo) de 2 Oficiais e 2 Sargentos de Artilharia para outro Exército, de modo a frequentarem o curso do sistema C-RAM a adotar. No final deste curso, deverão possuir todas as valências necessárias para manusear, operar e corrigir quaisquer tipos de questões relacionadas com o sistema. A aprovação neste curso habilita estes militares a ministrar formação no que concerne a este sistema.

Numa segunda fase, o Regimento de Artilharia Antiaérea N.º1, como pólo de formação e Unidade que possui em Quadro Orgânico o Pelotão de Sistemas C-RAM, e sendo a unidade que receberia os equipamentos, incluiria no seu calendário de atividades a formação do curso do sistema C-RAM, a ser ministrada a Oficiais, Sargentos e Praças. Este curso deveria contar com dois módulos, um teórico e outro prático. O primeiro visaria a abordagem à missão, às capacidades, aos componentes e características do sistema, enquanto o segundo módulo consistiria na realização de exercícios práticos de operação e manutenção do equipamento.

Desta forma, e à semelhança de outros cursos de formação como o de Operador e Manutenção de Alvos Aéros, o curso de Radares de AAA, o curso de Sistema Míssil Ligeiro Chaparral ou o curso de Sistema Míssil Portátil Stinger, entre outros, ficariam assegurados recursos humanos com capacidade para operar e dar continuidade ao conhecimento sobre este sistema, o que traduz um aproveitamento e gestão de recursos e meios equilibrados.

Das entrevistas realizadas, destaca-se a inexistência de unanimidade entre os inquiridos, e entre os diversos autores citados na revisão bibliográfica. De entre os vários sistemas C-RAM descritos na literatura, os inquiridos confinam as suas escolhas aos sistemas canhão C-RAM, mais concretamente, ao Phalanx e ao Oerlikon, por considerarem as suas especificidades no âmbito do de alcance e cadência de tiro, mais adequadas às necessidades da Artilharia Antiaérea Portuguesa.

Considerando que um sistema C-RAM deve estar capacitado para garantir proteção contra ameaças RAM, UAS e aeronaves, os sistemas canhão são aqueles que garantem a eficácia da missão, despendendo apenas o volume de fogos proporcionais e necessários para neutralizar a ameaça.

Destacando o alcance e o poder de fogo como dois fatores determinantes da atuação de um sistema C-RAM, o sistema *Oerlikon Skyguard III* (com um alcance de 4 km), o sistema *Oto Melara Porcupine* (com um alcance de 10 km e uma cadência de 3000 a 6000 tpm), e o sistema *Centurion* (com um alcance de 3,6 km e uma cadência de tiro de 4500 tpm), demonstram maior vantagem em relação ao atual sistema canhão bitubo AA 20mm que equipa a Artilharia Antiaérea Portuguesa, e complementam a resposta à Questão de Partida deste trabalho: “Quais as principais características do sistema C-RAM e qual a sua aplicabilidade no Exército Português?”

### **Dificuldades e limitações**

Durante a realização deste trabalho, a principal dificuldade prendeu-se com a falta de acesso a dados relativos aos diversos sistemas C-RAM, uma vez que muitas vezes constitui informação classificada, não sendo possível a sua consulta. Outro aspeto que limitou o desenvolvimento de resultados mais detalhados foi a não obtenção de resposta aos questionários enviados aos Oficiais Americanos, previamente planeada. Do mesmo modo, as dificuldades em contactar as entidades que produzem os sistemas de armas e a falta de resposta das mesmas relativamente a alguns aspetos, nomeadamente o preço, restringiram a obtenção de resultados mais detalhados.

## **RECOMENDAÇÕES**

No seguimento deste trabalho, julgo ser de elevada importância a continuação de estudos nesta temática. Assim sendo, sugere-se o estudo e análise de todas as ameaças e locais críticos do país, assim como procedera o levantamento de todas as necessidades de materiais daí decorrentes, criando um documento de clara importância para a defesa aérea do país, a médio/longo prazo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afghanistan FOBs Staffed For Counter-Rocket, Artillery, Mortar Mission. (2011). *Defense Daily*, 249(2).
- American Psychological Association. (2010). *Publication Manual of the American Psychological Association* (6th ed.). Washington DC: American Psychological Association.
- Anderson, C. (2001). Short-Range Air Defense in Army Divisions: Do We Really Need It?. *Military Review*, 81(4), 98-102.
- Army Funds Lockheed Demonstration of C-RAM System. (2008). *Defense Daily*, 237(50), 3.
- Army Plans HEL TD Tracking Tests Later This Year. (2011). *Defense Daily*, 251(1), 1.
- Australia's Procurement a Step Ahead. (2011). *Military Technology*, 35(8), 92.
- Axel, D. (2010). For High Tech, U.S. Army Tries to Think Like an Insurgent. *World Politics Review (Selective Content)*, 1.
- Benitez, M. (2015). Twenty-First-Century Air Warfare and the Invisible War. *Air & Space Power Journal*, 29(5). doi:10.2307/2235016.
- Braybrook, R. (2002). Land-based Air Defense. *Armada International*, 26(4), 45-60.
- Brown, N. (2008). Raytheon examines potential of Centurion C-RAM system. *Jane's International Defense Review*, 4133.
- Brown, N. (2011). HAMMR hits C-RAM, C-UAV milestones. *Jane's International Defense Review*, 4412.
- Brown, N., Pengelley, R., & Foss, C. F. (2010). EAPS interceptors ready to fly. *Jane's International Defense Review*, 4312.
- Brown, N. (2012). Lockheed Martin works towards live EAPS testing. *Jane's International Defense Review*, 4516.
- Carmo, H. & Ferreira, M. (2008). Metodologia da Investigação: guia para auto-aprendizagem (2ª Edição). Lisboa: Universidade Aberta.



- Corbett, C. (2008). First C-RAM Joint Intercept Battery Organizes for Combat. *Fires*, 16-18.
- Corbett, C., Beigh, B., & Thompson, S. (2012). Counter-Rocket, Artillery, and Mortar (C-RAM) Joint Intercept Capability: Shaping the Future Joint Force. *Fires*, 46-53.
- Counter Rocket, Artillery, and Mortar (C-RAM). *Global Security*. Acedido a 11 de abril em <http://www.globalsecurity.org/military/systems/ground/cram.htm>.
- Coutinho, C. (2015). Metodologia de Investigação em Ciências Sociais e Humanas: teoria e prática. (2ª Edição). Lisboa: Almedina.
- Eco, H. (2007). Como se faz uma Tese em Ciências Humanas. Lisboa: Editorial Presença.
- EME. (1997). RC 18-100 Regulamento de Tática de Artilharia Antiaérea. Lisboa: Estado Maior do Exército.
- Eshel, D. (2011). Revaluation. *Defense Technology International*, 5(6), 44.
- Eshel, D. (2014). Expanding the Umbrella. *Aviation Week & Space Technology*, 176(4), 71-72.
- Eshel, D. (2014). Under Fire. *Aviation Week & Space Technology*, 176(25), 34-35.
- Fein, G. (2012). Raytheon converts FCS radar to C-RAM. *Jane's International Defense Review*, 4513.
- Fein, G. (2013). US Army halts AI3 C-RAM buy. *Jane's Defense Weekly*, 50(44), 10.
- Felstead, P. (2009). Laser Phalanx testing is halted. *Jane's Defense Weekly*, 46(25), 12.
- Felstead, P. (2013). Rheinmetall debuts Oerlikon Revolver Gun Mk 2. *Jane's Defense Weekly*, 50(21), 13.
- Florenza, N. (2009). Germany clears C-RAM purchase. *Jane's Defense Weekly*, 46(20), 11.
- Fiorenza, N. (2012). Lethal Combination. *Defense technology International*, 6(3), 14.
- Fortin, M. (2003). O Processo de Investigação: da conceção à realização. (3ª Edição). Loures: Lusociência.
- Foss, C. (2007). Germany orders Skyshield for C-RAM role. *Jane's Defense Weekly*, 44(16), 31.
- Foss, C. (2010). Oto Melara unveils Draco weapon system for air defense on the move. *Jane's International Defense Review*, 4338-39.
- Fryc, D. (2013). Air Defense Artillery: Fires 2020. *Fires*, 10-13. Acedido a 15 de abril de 2016 em <http://www.readperiodicals.com/201403/3324386401.html#ixzz44TaxEZfP>
- Germany Launches C-RAM Programme. (2007). *Military Technology*, 31(5), 107.

- Giraffe Radars Protecting Troops in Afghanistan. (2012). *Asia-Pacific Defense Report*, 38(8), 10.
- Headquarters, Department of the Army (2006) FM 3-01.60 Counter-Rocket, Artillery, And Mortar (C-Ram) Intercept Operations, United States Army.
- Hernández, S., Fernández, C. & Batista, P (2006). Metodologia de pesquisa. (3ª Edição). São Paulo: McGraw-Hill.
- Hodge, N. (2007). US considers C-RAM units. *Jane's Defense Weekly*, 44(6), 14.
- Hodge, N. (2008). Oshkosh and Raytheon unveil mobile Phalanx. *Jane's Defense Weekly*, 45(26), 7.
- IAI's 'Green Rock'. (2014). *Vayau Aerospace & Defense Review*, (4), 130-131.
- Isbi, D. (2015). Israel upgrades anti-rocket defenses. *Jane's International Defense Review*, 48(4), 16.
- Israel's Iron Dome. (2011). *Jane's International Defense Review*, 4461.
- Ladeiro, B. (2015). Novas Ameaças Aéreas. Que Ensinaamentos para a AAA?. *Boletim de Artilharia Antiaérea*.
- Lopes, L. & Mataloto, L. (2010). A Artilharia Antiaérea e a Capacidade C-RAM. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 10(II), 60-69.
- Mantis's Steel Wall in the Sky. (2012). *Armada International*, 36(4).
- Manucy, A. (1994). Artillery Through the Ages: A Short Illustrated History of Cannon, Emphasizing Types Used in America. Washington: Diane publishing.
- MBD and C-RAM for Israel. (2008). *Military Technology*, 32(8), 34-37.
- MBDA Germany Prepares the Way for C-RAM Laser Weapon System. (2011). *Military Technology*, 35(11), 7.
- Moresi, E. (2003). Metodologia de Pesquisa. Programa de Pós-graduação stricto sensu em gestão do conhecimento e da tecnologia da informação da Universidade Católica. Brasília.
- Morrissey, M., Billig, S., & Damron, B. (2011). Savings lives and protecting critical assets: Counter-Rocket, Artillery, and Mortar provides safety in an era of uncertainty. *Fires*, 34-39.
- Nativi, A. (2011). Intercepted. *Defense International International*, 5(3), 26.
- Oliveira, V. (2011). Comando e Controlo – Integração no Sistema de Defesa Aérea Nacional da Artilharia Antiaérea. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 11(II), 6 – 11.
- Paradelo, A. (2009). Capacidade C-RAM. *Boletim de Artilharia Antiaérea*, 9(II), 10-15.

- Pengelley, R. (2007a). Defending the stockade: C-RAM solutions come forward to reinforce the ramparts. *Jane's International Defense Review*, 4058-64.
- Pengelley, R. (2007b). Netherlands, UK opt for US counter-mortar radar. *Jane's International Defense Review*, 4028.
- Pengelley, R. (2009). Artillery, rockets and mortars answer the call for precision. *Jane's International Defense Review*, 42(10), 48-52.
- Pengelley, R. (2012). AI3 base-defense C-RAM system unveiled. *Jane's International Defense Review*, 4516.
- Peruzzi, L. (2015). SHORAD Showdown. *Armada International*, 39(5) 32-39.
- Rand Corporation. (2013). In *Rand Corporation*. Acedido a 17 de abril de 2016 em <http://www.rand.org/topics/asymmetric-warfare.html>.
- Richardson, D. (2014a). Roketsan shows HiSAR-A surface-to-air missile. *Jane's International Defense Review*, 47(4), 17.
- Richardson, D. (2014b). Raytheon to co-produce Iron Dome missile hardware. *Jane's International Defense Review*, 47(12), 16.
- Ripley, T., & Scott, R. (2007). UK deploys Phalanx C-RAM systems to protect forces in Iraq. *Jane's Defense Weekly*, 44(22), 7.
- Roosevelt, A. (2007). Northrop Grumman Continues C-RAM Work. *Defense Daily*, 233(9), 5.
- Roosevelt, A. (2011). Northrop Grumman Awarded \$124 Milion Follow-On Contact for C-RAM Systems. *Defense Daily*, 252(22), 1.
- Roosevelt, A. (2012a). Northrop Grumman To Continue Sustaining C-RAM Systems. *Defense Daily*, 253(19), 2.
- Roosevelt, A. (2012b). MBDA Germany Sucessfully Tests High-Energy Laser Demonstrator. *Defense Daily*, 256(27), 5.
- Salvador, C. (2006). Sistemas de armas SHORAD. *Boletim da Artilharia Antiaérea*, 6(II), 7-15.
- Sampieri, R., Collado, C. & Lucio, M. (2006). Metodologia de pesquisa (3ª Edição). São Paulo: McGraw-Hill.
- Sarmiento, M. (2013). Metodologia científica para a elaboração, escrita e apresentação de teses. Lisboa: Universidade Lusíada Editora.
- Schulte, S. (2008). German C-RAM is 'still on track'. *Jane's Defense Weekly*, 45(39), 19.

- Scott, R. (2005). Land-based Phalanx takes aim at rockets, artillery and mortars. *Jane's International Defense Review*, 3814.
- Scott, R. (2008). US Army awards C-RAM contracts. *Jane's International Defense Review*, 4126.
- Scott, R. (2012). Counter Rockets, Artillery and Mortar (C-RAM). In *Association of the United States Army*. Acedido a 20 de abril de 2016 em <https://www.ausa.org/publications/armymagazine/archive/2009/5/Pages/SoldierArmed>.
- Silverman, D. (2000). *Doing quality research: a practical handbook*. London: Sage Publications.
- Simões, A. (2006). Como Realizar uma Entrevista. In *Folha do Alcino*. Acedido a 5 de maio de 2016 em <http://www.prof2000.pt/users/folhalcino/ideias/comunica/entrevista.htm>
- Spoehr, T. (2010). Before the Seapower and Expeditionary Forces Subcommittee and Air and Land Forces Subcommittee. In *U.S. Government Publishing Office*. Acedido a 20 de abril de 2016 em <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/CHRG-111hhrg57835/html/CHRG-111hhrg57835.htm>.
- Tegler, E. & Sweetman, B. (2014). Counter-Fire. *Aviation Week & Space Technology*, 176(36), 24-27.
- Tuckman, B. (2000). *Manual de Investigação em Educação*. (2ª Edição). Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian.
- US plots missile-on-missile interception. (2011). *Jane's International Defense Review*, 4460.
- Valpolini, P. (2008). OTO Melara works to develop two C-RAM systems. *Jane's Defense Weekly*, 45(32), 6.
- Valpolini, P. (2013). C-Ram Shifting to Missiles and Lasers?. *Armada International*, 37(5), 16-24.
- Valpolini, P. (2015). Anti-aircraft, and more. *Armada International*, 39(2), 14-22.
- Valpolini, P. & Withington, T. (2010). Reigning in the Rocket Man. *Armada International*, 34(5), 40-43.
- Vilelas, J. (2009). *Investigação: o processo de construção do conhecimento*. Lisboa: Edições Sílabo.
- Wasserbly, D. (2011). C-RAM equipment now operational in Afghanistan. *Jane's Defense Weekly*, 48(2), 13.

Withington, T. (2009). C-Ram – the Artillery Shell Zappers. *Armada International*, 33(3),18-22.

## APÊNDICES

## **APÊNDICE 1 – GUIÃO DA ENTREVISTA**

### **CARTA DE APRESENTAÇÃO**

Esta entrevista insere-se no âmbito de um Trabalho de Investigação Aplicada, subordinado ao tema “Counter Rocket, Artillery and Mortar” tendo em vista a obtenção do grau de Mestre em Ciências Militares – Especialidade de Artilharia.

O objetivo geral desta entrevista é verificar quais as necessidades da Artilharia Antiaérea no que respeita a equipamentos, nomeadamente da necessidade, aplicabilidade e viabilidade da aquisição de sistemas C-RAM. Deste modo, pretende-se dar resposta a uma questão central: Quais as principais características do C-RAM e qual a sua empregabilidade no Exército Português?

Esta entrevista servirá como ponte entre a pesquisa teórica e a contextualização prática de todo o trabalho de campo que se pretende desenvolver, pelo que, o contributo de V. Exa. é de elevada relevância, sendo fundamental para a realização da componente prática e determinante para a concretização dos objetivos desta investigação.

Desta forma, solícito que V. Exa. me conceda a honra de poder contar com a sua inestimável colaboração e se digne responder a esta entrevista, constituída por 4 questões.

Antecipadamente grato pela colaboração de V. Exa.

Atenciosamente,

Rodrigo Couceiro  
Aspirante de Artilharia

## **ENTREVISTA**

### **Caracterização do inquirido:**

Posto:

Nome:

Função:

Data:

### **Questões:**

**Questão 1:** Os sistemas C-RAM surgiram como resposta aos ataques de morteiros, foguetes e outras ameaças assimétricas nos Teatros de Operações do Iraque e Afeganistão. Tendo em conta todo o processo evolutivo dos vários sistemas C-RAM, quais as características/fatores, que destaca para que estes sistemas se afirmem como fundamentais para qualquer Exército? Quais as vulnerabilidades que destaca deste tipo de armas?

**Questão 2:** Considerando uma matriz de avaliação para a escolha de um sistema C-RAM baseada apenas nos seguintes fatores: poder de fogo, capacidade radar, mobilidade e preço, de que forma hierarquizava e priorizava estes fatores?

**Questão 3:** Após reestruturação dos Quadros Orgânicos do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) (Quadro Orgânico 09.03.07, aprovado a 14/03/2016), o GAAA tem na sua composição duas Baterias, respetivamente, 1ª Bateria e 2ª Bateria. É na 1ª Bateria que se encontra o Pelotão de Sistemas C-RAM composto por 4 secções. Perante esta orgânica, e tendo como objetivo capacitar a AAA Portuguesa para atuar como Força Nacional Destacada num Teatro de Operações atual, que meios C-RAM se adequariam a este propósito? Porquê?

**Questão 4:** Se o objetivo de emprego do GAAA fosse garantir a proteção a um evento de alta visibilidade em Território Nacional, por exemplo, uma Cimeira Europeia, que meios C-RAM seriam adequados a esta tarefa?



## **APÊNDICE 2 – ENTREVISTA N.º1**

### **ENTREVISTA**

#### **Caracterização do inquirido:**

Posto: Tenente Coronel

Nome: Hélder Barreira

Função: CMDT GAAA/RAAA1

Data: 30 maio 2016

#### **Questões:**

**Questão 1:** Os sistemas C-RAM surgiram como resposta aos ataques de morteiros, foguetes e outras ameaças assimétricas no Teatro de Operações do Iraque e Afeganistão. Tendo em conta todo o processo evolutivo dos vários sistemas C-RAM, quais as características/fatores, que destacaria para que estes sistemas se afirmem como fundamentais para qualquer Exército? E quais as vulnerabilidades que destacariam deste tipo de armas?

**R:** Destacar 2 características essenciais:

Capacidade de Detecção, Identificação, Localização, Seguimento (tracking) e Interceção de toda a gama de ameaças aéreas em tempo oportuno (aqui também se inclui a ameaça RAM e neste caso é importante localizar a origem dos disparos). Para tal é necessário que o C-RAM esteja integrado no sistema de AAA e o mesmo integrado no Sistema de Defesa Aérea Nacional (SDAN), ou seja, o sistema de C2 é fundamental.

A Capacidade C-RAM deve ter capacidade de mobilidade tática, por forma a garantir a proteção de uma força em movimento (esta capacidade já existe, verificar a C-RAM da Alemanha e Espanha com o canhão 35/90 da Oerlikon e os EUA com o Phalanx montando em camiões). Todavia julgo que ainda não terão capacidade de executar tiro em movimento. Por outro lado face ao elevado custo destes sistemas, existe uma grande tendência para apostar muito mais na defesa de pontos sensíveis estáticos, tais como Postos de Comando, Bases militares, complexos logísticos, por exemplo.

Os desafios/vulnerabilidade que o C-RAM enfrenta são sobretudo 4:

Interoperabilidade entre os diversos sistemas e subsistemas que compõem o C-RAM e também entre os sistemas de AAA e Defesa Aérea.

Custo benefício, sendo que uma eventual solução para Portugal passaria pela associação com outras nações para a aquisição destes sistemas por forma a baixar o custo de produção, ao mesmo tempo que definiria os requisitos que pretendia para estes sistemas. Contudo o controlo sobre os meios respeitantes a cada Estado é absoluta (importa especificar).

O encerramento do ciclo do C-RAM com a capacidade de neutralização/resposta à origem da ameaça, ou seja, a destruição dos obuses, morteiros ou MRLS que sejam responsáveis por disparar sobre as nossas forças. Tal poderá ser efetuado por diversas formas: artilharia de campanha, ataque aéreo, forças especiais, tropa regular, etc. A ligação a estes meios pressupõe que grande parte, senão toda a força do TO, tenha um Sistema de C2 que permita receber a informação sobre a origem dos disparos em tempo útil, por forma a anular esta ameaça com eficácia.

Os alcances reduzidos do C-RAM, traduzem-se numa área protegida de pequenas dimensões.

**Questão 2:** Considerando uma matriz de avaliação para a escolha de um sistema C-RAM baseada apenas nos seguintes fatores: poder de fogo, capacidade radar, mobilidade e preço, de que forma hierarquizava e priorizava estes fatores?

**R:** Os fatores mencionados são todos igualmente importantes e complementares, todavia colocava em último a mobilidade.

Sem uma boa capacidade radar, as armas não terão capacidade de resposta. Por outro lado sem um sistema de armas com poder de fogo e precisão suficiente, não terão uma taxa de sucesso aceitável contra ameaças RAM. Relativamente ao preço, este é um fator que deve ser ponderado face às necessidades.

**Questão 3:** Após reestruturação dos Quadros Orgânicos do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) (Quadro Orgânico 09.03.07, aprovado a 14/03/2016), o GAAA tem na sua composição duas Baterias, respetivamente, 1ª Bateria e 2ª Bateria. É na 1ª Bateria que se encontra o Pelotão de Sistemas C-RAM composto por 4 secções. Tendo esta orgânica, e tendo como objetivo capacitar a AAA Portuguesa para atuar como Força Nacional Destacada num Teatro de Operações atual, que meios C-RAM se adequariam a este propósito? Porquê?

**R:** Apenas estou ciente do Phalanx, do canhão bitubo Orlikon GDF007. Neste sentido, optaria pelo sistema Oerlikon GDF007, pois foi desenhado de raiz para o efeito,

utilizando umas munições especiais AHEAD que se subdividem, criando uma cortina de fumos, sendo por isto um sistema de armas mais eficaz. Concomitantemente, é um sistema mais transportável que o Phalanx norte-americano.

**Questão 4:** Se, por outro lado, o objetivo de emprego do GAAA fosse garantir a proteção a um evento de alta visibilidade em Território Nacional, por exemplo, uma Cimeira Europeia, que meios C-RAM seriam adequados a esta tarefa?

**R:** O pelotão previsto no quadro orgânico referido na questão 3 seria suficiente. Relativamente aos meios, quer o sistema de armas Phalanx, quer o sistema de armas Bitubo GDF007 estariam aptos a cumprir essa missão. No entanto também seria necessário um sistema de C2 que integrasse, em tempo real, estes sistemas, ligado também com o SDAN, bem como a existência de pelo menos um radar de vigilância, com capacidade de discriminação da ameaça suficiente para detetar, localizar e seguir granadas de artilharia e morteiros. Por último, para permitir que todos estes meios comunicassem entre si, também seria necessário um conjunto de equipamento rádio de baixa frequência.

## APÊNDICE 3 – ENTREVISTA N.º 2

### ENTREVISTA

#### **Caracterização do inquirido:**

Posto: Tenente Coronel

Nome: José Patronilho

Função: CH ROL/ GABQMG/CMDLOG

Data: 1 junho 2016

#### **Questões:**

**Questão 1:** Os sistemas C-RAM surgiram como resposta aos ataques de morteiros, foguetes e outras ameaças assimétricas nos Teatros de Operações do Iraque e Afeganistão. Tendo em conta todo o processo evolutivo dos vários sistemas C-RAM, quais as características/fatores, que destaca para que estes sistemas se afirmem como fundamentais para qualquer Exército? Quais as vulnerabilidades que destacam deste tipo de armas?

**R:** Resposta a uma necessidade. De facto o uso de rockets e morteiros cujo efeito sentido nas Nossas Forças e infraestruturas tem um impacto significativo gerou a necessidade de desenvolver a capacidade C-RAM para minimizar este impacto.

A vertente do uso de mísseis balísticos está restringida a apenas alguns países, que não fazem uso deles, não sendo, até à data uma ameaça tão significativa como o recurso a rockets improvisados. Nos conflitos atuais, a ameaça recorrente/regular por parte de grupos terroristas e grupos criminosos (Talibãs, ISIS, Boko Haram em África) é o recurso a armamento ligeiro e médio, como pequenos rockets improvisados, metralhadoras até 20/30mm, RPG7, pick-ups com metralhadoras, explosivos, etc. Morteiros improvisados são baratos e têm grande efeitos sobre uma força ou infraestrutura.

Importância da ameaça: o uso de aeronaves é praticamente nulo, sendo os UAS a ameaça em maior expansão. Logo o sistema canhão é o ideal, uma vez que a assinatura eletromagnética é baixa e têm dimensão reduzida, logo são de difícil deteção. Os sistemas canhão já existiam, o que os exércitos têm feito é adaptá-los às novas ameaças. Isto porque nos espaços circundantes às bases, nas montanhas ou através de uma pick-up, era muito fácil empenhar-se e dispersar rapidamente, sem se conseguir conter esse ataque.

Como se processa: por exemplo com o recurso à Vulcan Phalanx, coloca-se um volume enorme de munições no espaço aéreo, isto é ao saturar o espaço aéreo, aumenta a

probabilidade da ameaça embater nesta nuvem e ser destruído, não chegando ao alvo.

Problemas: o sistema canhão tem um alcance limitado (até 2 km), logo há a questão dos efeitos colaterais. Se se destruir uma granada 155mm a 50 metros de distância ainda se vai sentir na posição.

O grande volume de consumo de munições, isto é, o peso logístico do reabastecimento de munições é importante. Assim como a cadência de tiro elevada provoca o desgaste rápido dos equipamentos, logo gera necessidade de manutenção contínua. Logística de reabastecimento e manutenção.

A tecnologia também é um fator limitativo. O sistema canhão não pode ser operado por um operador (o ser humano não tem capacidade para deteção e seguimento), existindo a necessidade recurso a sistemas automáticos, como acoplar sensores e dispositivos optrónicos. Exemplo: se fosse operado de forma manual, o fator humano que não é quantificável, quando sujeito a stress poderia gastar as munições todas no reduzido espaço de tempo, logo a parte automatizada permite maior eficácia.

**Questão 2:** Considerando uma matriz de avaliação para a escolha de um sistema C-RAM baseada apenas nos seguintes fatores: poder de fogo, capacidade radar, mobilidade e preço, de que forma hierarquizava e priorizava estes fatores?

**R:** A decisão de aquisição de sistemas C-RAM, é definido superiormente, isto é, tem por base o Conselho Estratégico de Defesa Nacional onde são definidas as prioridades do Estado Português para a área da defesa, neste caso para o Exército. Lá é que irá estar discriminado que meios são necessários. Nestes documentos é que se define qual a prioridade do C-RAM, se é ou não prioritário. Depois consoante o orçamento é que se vão estabelecer as prioridades. As prioridades para o reequipamento são estabelecidas desta forma.

Os fatores são importantes e fazem faltam sistemas C-RAM, mas face aos recursos existentes é que será escalonar o que é mais prioritário.

**Questão 3:** Após reestruturação dos Quadros Orgânicos do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) (Quadro Orgânico 09.03.07, aprovado a 14/03/2016), o GAAA tem na sua composição duas Baterias, respetivamente, 1ª Bateria e 2ª Bateria. É na 1ª Bateria que se encontra o Pelotão de Sistemas C-RAM composto por 4 secções. Perante esta orgânica, e tendo como objetivo capacitar a AAA Portuguesa para atuar como Força Nacional

Destacada num Teatro de Operações atual, que meios C-RAM se adequariam a este propósito? Porquê?

**R:** O C-RAM é que tem que se adaptar aos sistemas existentes. Não se pode mudar tudo. Pois não se consegue algo coerente. O C-RAM é um sistema de armas para fazer face a uma ameaça e depois tem que se integrar no sistema de comando e controlo e no sistema de vigilância.

É Subjetivo. Que missões existem hoje em dia? Kosovo é uma tipologia, Afeganistão outra, Iraque outro, República Centro-Africana, o Mali outra, a Europa outra, há conflitos étnicos, religiosos, etc. Cada teatro tem as suas características e requisitos diferentes. Se for uma missão no âmbito da génese ONU os requisitos são uns, se for da NATO, os requisitos são outros. Também importa depois a vontade política. Em termos militares conforme as especificações exigidas, analisa-se a existência ou não de meios e quais se adaptam à missão e decide-se se há capacidade para contribuir.

**Questão 4:** Se o objetivo de emprego do GAAA fosse garantir a proteção a um evento de alta visibilidade em Território Nacional, por exemplo, uma Cimeira Europeia, que meios C-RAM seriam adequados a esta tarefa?

**R:** É necessário fazer o levantamento das ameaças, conjugá-lo com as zonas vitais/prioritárias, fazer ainda o levantamento de necessidades e assim conseguir perceber o que é preciso. Balançar as necessidades com o que se tem e com o que é possível adquirir. A ameaça rocket em Portugal, na atualidade é praticamente nula. A ameaça mais provável no nosso país são os UAS. Ter empasteladores, sistemas canhão automáticos. Os Serviços de Informação devem fazer o levantamento da ameaça e informar os canais devidos.

## **APÊNDICE 4 – ENTREVISTA N.º 3**

### **ENTREVISTA**

#### **Caracterização do inquirido:**

Posto: Tenente Coronel

Nome: Gilberto Lopes Garcia

Função: CHEFE J7/ARPLAN/CCOM/EMGFA

Data: 30 maio 2016

#### **Questões:**

**Questão 1:** Os sistemas C-RAM surgiram como resposta aos ataques de morteiros, foguetes e outras ameaças assimétricas no Teatro de Operações do Iraque e Afeganistão. Tendo em conta todo o processo evolutivo dos vários sistemas C-RAM, quais as características/fatores, que destacaria para que estes sistemas se afirmem como fundamentais para qualquer Exército? E quais as vulnerabilidades que destacariam deste tipo de armas?

**R:** Correção, os sistemas C-RAM surgiram muito antes dos TO Iraque e Afeganistão, surgiram da necessidade de se proteger contra essa ameaça, exemplo ISRAEL tem dos sistemas C-RAM mais avançados e efetivos do mundo.

Dos meus contactos com ISRAEL, derivado da realidade vivida junto à faixa de gaza, o primeiro fator prende-se com a deteção da ameaça, o segundo prende-se com curto tempo de resposta associada e finalmente a dispersão da ameaça.

Face aos fatores anteriormente enunciados, os sistemas C-RAM devem ter associado meios de deteção para dar um pré-aviso o mais cedo possível, com um C4I moderno com transmissão automática de dados e descentralizado face à dispersão que os sistemas devem garantir.

Segundo os israelitas (que vivem sob ameaças dos morteiros, e lança-foguetes diariamente), a deteção e o tempo de resposta é são aspetos fundamentais.

**Questão 2:** Considerando uma matriz de avaliação para a escolha de um sistema C-RAM baseada apenas nos seguintes fatores: poder de fogo, capacidade radar, mobilidade e preço, de que forma hierarquizava e priorizava estes fatores?

**R:** Esta pergunta está diretamente com a gestão do projeto AAA/LPM e com o subprojeto C-RAM.

Esta pergunta, suponho eu, parte do princípio que Portugal já dispõe de um sistema C4I (SICCA3).

No meu ponto de vista, uma matriz com apenas 4 fatores de avaliação é curta, para apoiar o decisor devem incluir-se mais fatores, os quais podem derivar dos 4 apresentados, por exemplo tipologia (canhão e ou míssil), integração com C4I, meios de aquisição (integrados ou não nos sistemas C-RAM) e custos associados, sustentação logística, tempo de vida útil sistemas, capacidades de contramedidas eletrónicas, capacidade de projeção (HELI, C-130)...

**Questão 3:** Após reestruturação dos Quadros Orgânicos do Grupo de Artilharia Antiaérea (GAAA) (Quadro Orgânico 09.03.07, aprovado a 14/03/2016), o GAAA tem na sua composição duas Baterias, respetivamente, 1ª Bateria e 2ª Bateria. É na 1ª Bateria que se encontra o Pelotão de Sistemas C-RAM composto por 4 secções. Tendo esta orgânica, e tendo como objetivo capacitar a AAA Portuguesa para atuar como Força Nacional Destacada num Teatro de Operações atual, que meios C-RAM se adequariam a este propósito? Porquê?

**R:** Considero que a entidade mais competente para dar resposta a esta pergunta é o diretor do projeto AAA em conjugação com DPF/EME, já que foram eles que fizeram as propostas de QO, e sabendo quais foram os condicionantes na sua elaboração bem como das diretrizes recebidas superiormente.

Questiono se este QO tem como objetivo capacitar a AAA PRT para atuar como FND, o que duvido. No entanto, para atuar como FND, salvo melhor opinião, será como Army Organic Air Defense (AOAD).

**Questão 4:** Se, por outro lado, o objetivo de emprego do GAAA fosse garantir a proteção a um evento de alta visibilidade (HVE) em Território Nacional, por exemplo, uma Cimeira Europeia, que meios C-RAM seriam adequados a esta tarefa?

**R:** A proteção de HVE, os meios C-RAM seriam adequados em conjugação com os restantes, devendo aplicar-se os princípios de emprego dos meios AAA, tendo em consideração as ameaças, rotas de aproximação, terreno (mais urbano ou não), ROE, ASM,...



